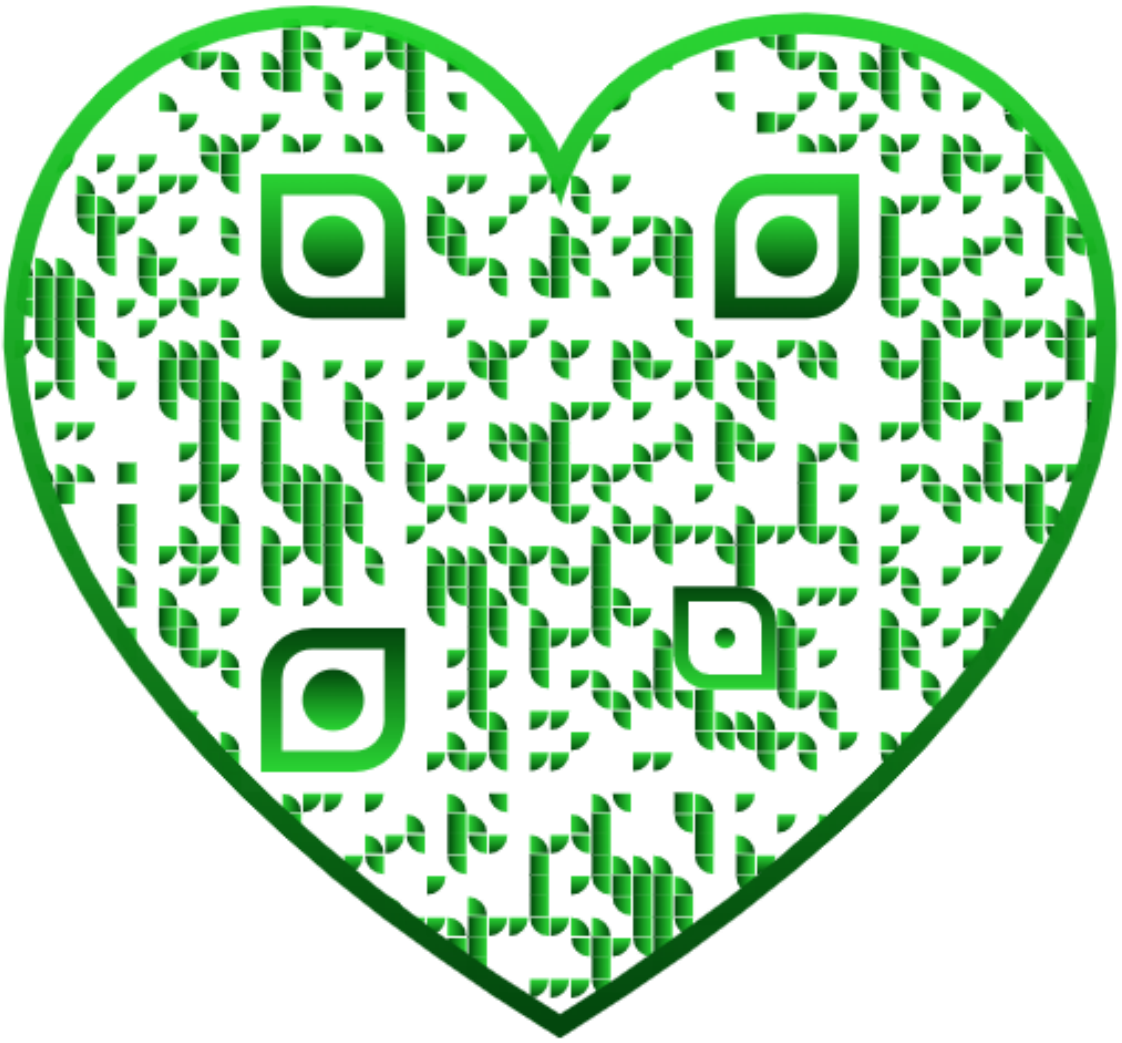
**Agrodok 40**

# La culture des champignons à petite échelle

pleurotes, shiitakes et auriculaires

Peter Oei
avec la contribution de Bram van Nieuwenhijzen

SHOUT
SHARE
IT



© Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, 2005.

*Tous droits réservés. Aucune reproduction de cet ouvrage, même partielle, quel que soit le procédé, impression, photocopie, microfilm ou autre, n'est autorisée sans la permission écrite de l'éditeur.*

Première édition : 2005

Auteurs : Peter Oei, avec la contribution de Bram van Nieuwenhijzen
Editor : Janna de Feijter
Illustrations : Barbera Oranje, Mamadi B. Jabbi
Conception : Eva Kok
Traduction : Josiane Bardon
Imprimé par : Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas

ISBN Agromisa: 90-8573-040-6
ISBN CTA: 92-9081-304-0

# Avant-propos

La culture des champignons est très bien adaptée à l'agriculture durable et a plusieurs avantages :

- Elle réutilise les déchets agricoles
- Elle donne une production élevée par surface cultivée
- Après la récolte, le substrat utilisé fournit un excellent amendement du sol

Cet Agrodok fournit des informations détaillées sur la culture de trois sortes de champignons : les pleurotes, les shitakes et les auriculaires. Ces espèces sont relativement faciles à cultiver à petite échelle. La culture des champignons de Paris et des volvaires asiatiques est très différente et sera donc traitée dans un autre Agrodok.

La plupart des informations contenues dans ce manuel sont tirées de mon livre « Mushroom cultivation and appropriate technologies for commercial mushroom » (Culture des champignons et technologies appropriées à leur commercialisation). Nous nous sommes limités à trois espèces de champignons et à des technologies relativement simples dans l'espoir que les lecteurs obtiendront ainsi un bénéfice durable de la culture des champignons.

Bram van Nieuwenhuijzen est l’ancien directeur du Mushroom Growers’ Training Center (C Point) à Horst, aux Pays-Bas. Il joue actuellement un rôle de conseiller dans des projets de culture de champignons situés dans différents pays, par l'intermédiaire de PUM, Netherlands Senior Experts.

Peter Oei
Président de ECO Consult Foundation et professeur associé à l’Université agricole de Fujian

# Sommaire


| | | |
|---|---|---|
| **1** | **Introduction** | **6** |
| **2** | **Biologie des champignons** | **8** |
| 2.1 | Fungi | 8 |
| 2.2 | Écologie des champignons | 8 |
| 2.3 | Cycle de vie des champignons | 9 |
| 2.4 | Intervalles des températures nécessaires aux champignons cultivés | 13 |
| **3** | **Les fermes à champignons** | **14** |
| 3.1 | Agencement de la ferme | 14 |
| 3.2 | Hygiène de la ferme | 17 |
| **4** | **Production de blanc de champignon** | **18** |
| 4.1 | La culture de démarrage | 20 |
| 4.2 | La stérilisation | 20 |
| 4.3 | Bonnes conditions de propreté | 22 |
| 4.4 | Cultures | 24 |
| 4.5 | Préparation du milieu de culture | 27 |
| 4.6 | Préparation des cultures inclinées | 28 |
| 4.7 | Culture mère de blanc | 33 |
| 4.8 | Préparation du blanc final | 35 |
| **5** | **Culture de pleurotes** | **37** |
| 5.1 | Préparation du substrat | 37 |
| 5.2 | Traitements thermiques | 40 |
| 5.3 | Lardage du substrat pasteurisé | 44 |
| 5.4 | Lardage des sacs stérilisés | 44 |
| 5.5 | Envahissement du blanc | 47 |
| 5.6 | Fructification/culture | 48 |
| 5.7 | Cueillette | 50 |
| 5.8 | Description de cas : Ahmedabad, Inde | 52 |
| 5.9 | Description de cas : Bogor (Indonésie) | 55 |

5.10 La technologie Juncao transforme l'herbe en champignons 57

**6 La culture de shiitakes dans des sacs en plastique 58**
6.1 Préparation du substrat 58
6.2 Remplissage et traitement thermique 59
6.3 Lardage 59
6.4 Envahissement du blanc et croissance mycélienne 60
6.5 La fructification 61
6.6 Cueillette. 63
6.7 Parasites et maladies 64

**7 Les auriculaires sur substrat stérilisé 65**
7.1 Préparation du substrat 65
7.2 Traitement thermique 65
7.3 Lardage et envahissement du blanc 65
7.4 Fructification. 66
7.5 Description de cas : Philippines 66

**8 Traitement après récolte 69**
8.1 Niveaux de qualité et récolte 69
8.2 Le marché des produits frais 71
8.3 Méthodes de conservation 71

**Annexe 1 : Formulas 76**

**Annexe 2 : Préparation du substrat 77**

**Bibliographie 78**

**Adresses utiles 81**

**Glossaire 84**

# 1 Introduction

Avez-vous l'intention de vous lancer dans la culture des champignons ? Cette activité présente de nombreux avantages. Elle est intéressante du point de vue financier, les champignons sont faciles à cultiver et débordent de protéines, de vitamines B et de minéraux. Et ils ont même des propriétés médicinales. La cueillette se produit parfois trois semaines seulement après le lardage. De plus, le substrat utilisé après la culture est un bon fertilisant du sol.

Cet Agrodok vous fournira des informations détaillées sur la culture des pleurotes, des shiitakes et des auriculaires. On peut faire pousser bien d'autres sortes de champignons. L'avantage des espèces choisies c'est qu'elles se cultivent facilement dans des pays en développement en utilisant la technologie appropriée.

Avant de choisir votre méthode de culture vous devez vous poser les questions suivantes :

1 Quel champignon souhaitez-vous cultiver ? Votre choix se fera en fonction du marché et de la température requise pour la fructification (voir paragraphe 2.4)
2 Comment vous procurer le blanc (la semence) de la variété que vous souhaitez cultiver ? Le chapitre 4 vous expliquera comment produire votre propre blanc. Si vous ne pouvez ni vous procurer ni produire du blanc, ce manuel ne vous sera d'aucune utilité.
3 De quel matériau avez-vous besoin pour fabriquer le substrat nécessaire à la culture du champignon choisi ? Voir le chapitre 5.
4 Quel traitement ferez-vous subir au substrat ? Cela aura des répercussions sur les investissements à effectuer. Les chapitres concernant les différents champignons étudiés vous fourniront des précisions à ce sujet.

D'autre part, certaines connaissances sont indispensables à la compréhension des principes de croissance et des propriétés des champignons. Le premier chapitre traitera donc de leur biologie.

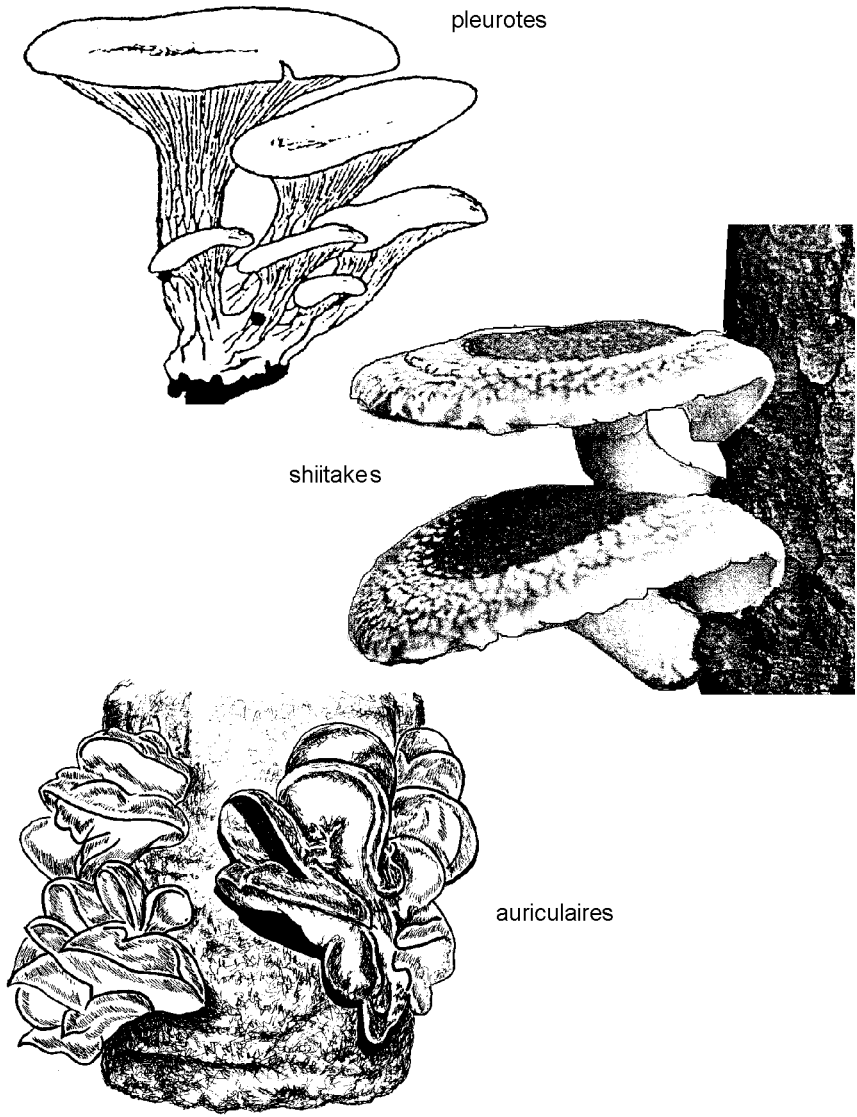



*Figure 1 : Les différentes espèces de champignons traitées dans cet Agrodok*

# 2 Biologie des champignons

## 2.1 Fungi

Les champignons appartiennent au règne des Fungi, un groupe qui se distingue nettement des végétaux, des animaux et des bactéries. Il leur manque la caractéristique principale des végétaux : la capacité d'utiliser directement l'énergie du soleil grâce à la chlorophylle. Ils doivent donc assurer leur alimentation à partir d'autres organismes, en absorbant les substances nutritives du matériau organique dans lequel ils vivent. L'organisme vivant des Fungi est un mycélium constitué d'un fin réseau de filaments appelés hyphes. Sous certaines conditions, les hyphes sexuellement compatibles fusionnent et forment des spores. Les structures les plus grandes (supérieures à 1 mm) produisant des spores sont appelées champignons. C'est la partie que l'on remarque le plus dans la nature, mais elle ne constitue qu'une fructification. La partie la plus importante se trouve sous le sol ou à l'intérieur du bois.

### Noms scientifiques et noms communs des champignons

Dans cet Agrodok, nous avons souvent utilisé les noms scientifiques parce qu'ils prêtent moins à confusion que les noms communs. Par exemple, le nom *pleurote* s'applique à plus de 20 espèces différentes qui se distinguent par la température exigée, la couleur et le rythme de croissance.

Pour les producteurs de champignons, le plus simple en matière de taxinomie est de se fier aux taxinomistes. Il est conseillé de commander les variétés souhaitées à des institutions conservant des collections de culture ou à des producteurs de blanc renommés (consultez la liste des adresses utiles).

## 2.2 Écologie des champignons

Les champignons se nourrissent d'autres organismes. On distingue trois catégories selon le mode de vie :

- les saprophytes : exploitent la matière organique déjà morte.

- les symbiotiques : vivent en une symbiose mutuellement bénéfique avec d'autres organismes (généralement des arbres).
- les parasites : vivent aux dépens d'autres organismes.

Le mode de vie est indépendant de leur comestibilité : on trouve des champignons comestibles et toxiques dans ces trois catégories. Cet Agrodok ne traite que des champignons saprophytes.

### Saprophytes

Les champignons saprophytes se nourrissent en dégradant les matières organiques en décomposition. En milieu naturel, ils poussent sur des feuilles mortes, des excréments d'animaux ou des souches de bois mort. Certains décomposent les poils des mammifères, tandis que d'autres exploitent les plumes d'oiseaux. Leur rôle dans la nature consiste à décomposer les structures organiques complexes issues de végétaux ou d'animaux et à les faire rejoindre les minéraux et les autres substances nutritives présentes dans le substrat. Les pleurotes dégradent le bois mort dans la nature ; on peut les cultiver sur une grande variété de déchets lignocellulosiques.

## 2.3 Cycle de vie des champignons

Dans la nature, les champignons se multiplient en produisant des millions et des millions de spores. Lorsqu'un de ces spores atterrit dans un milieu favorable, il germe et se ramifie pour former un mycélium. Lorsque deux mycéliums compatibles sexuellement se rencontrent, ils fusionnent pour former ce qu'on appelle un mycélium secondaire capable de produire des fructifications.

### Croissance mycélienne et blanc

Dans la culture des champignons comestibles, on n'utilise pas les spores. Leur petite taille rend leur manipulation délicate et leurs caractéristiques génétiques risquent d'être différentes de celles de leurs parents. De plus, ils mettent un certain temps à germer alors que d'autres types de champignons, les moisissures vertes par exemple, germent et se propagent bien plus rapidement.

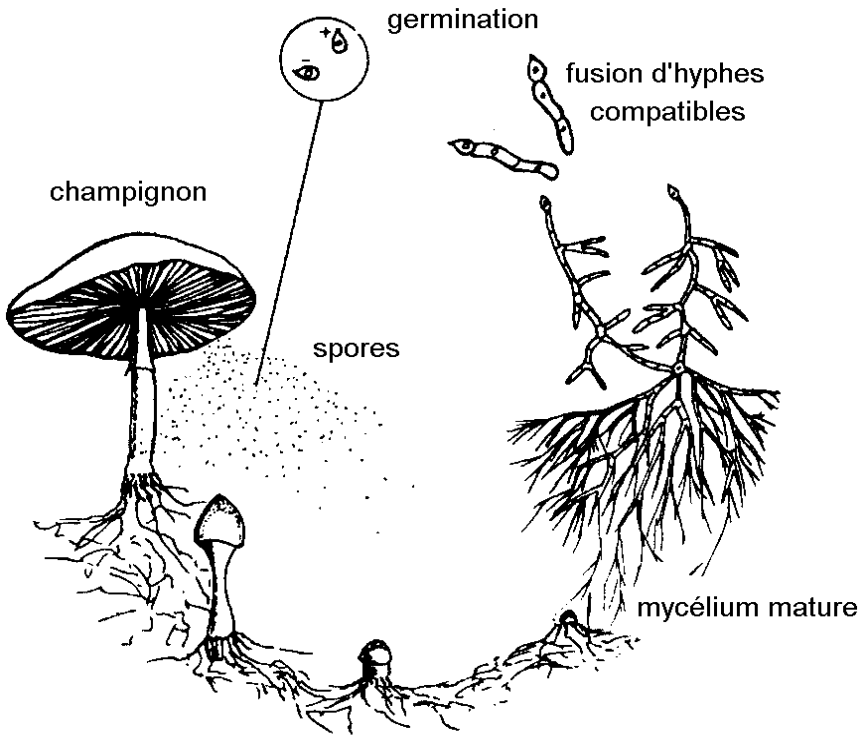



*Figure 2 : Cycle de vie des champignons en milieu naturel*

Le champignon sélectionné doit pouvoir coloniser le substrat avant d'autres champignons ou bactéries. A cette fin, on mélange un mycélium cultivé préalablement (libre de tout contaminant) avec un substrat stérile, ce qui donne ce qu'on appelle le blanc Cette technique donne au champignon cultivé une longueur d'avance sur les autres Fungi.

**L'envahissement du blanc**

Comme dans la nature, le mycélium se propagera dans le substrat en utilisant les substances nutritives qui s'y trouvent. C'est ce qu'on appelle l'envahissement du blanc. Lorsque certaines d'entre elles sont

épuisées ou si le temps change, le mycélium atteindra une phase différente, celle de la reproduction sexuelle.

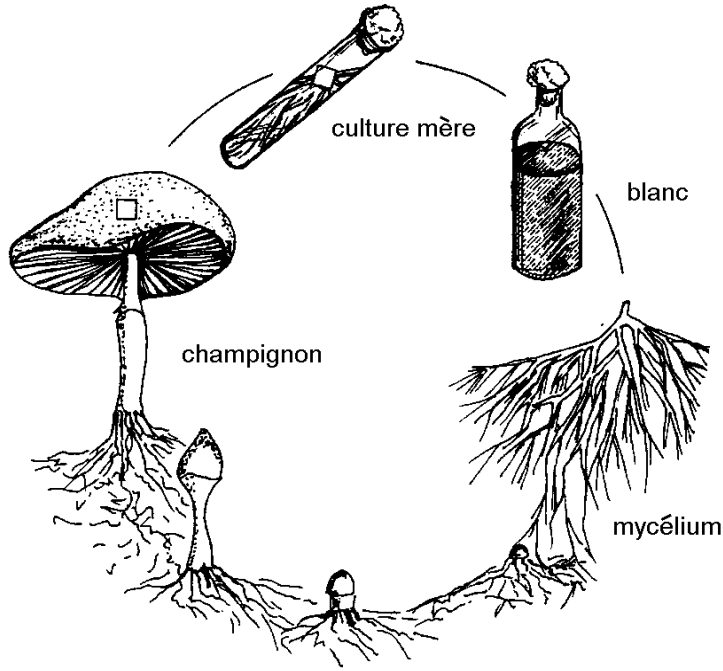



*Figure 3 : Cycle de vie des champignons au blanc. On met en culture du tissu prélevé sur un champignon et on le dépose dans un substrat approprié. Une fois que celui-ci est complètement envahi, on l'utilise pour cultiver des champignons.*

Pour la plupart des espèces la température optimale pour l'envahissement du blanc est d'environ 25 °C. De plus, l'environnement peut stimuler la croissance du mycélium : une forte concentration de $CO_2$ lui est favorable (mais pas à la culture).
Une fois qu'il a colonisé le substrat, le mycélium est en état de produire des fructifications dont le nombre et la qualité dépendront de l'environnement.

Facteurs clés de l'apparition des fructifications :

- changement de température,
- taux élevé d'humidité,
- manque d'une substance nutritive,
- concentration de $CO_2$ dans l'air ambiant,
- lumière,
- choc physique.

Ces facteurs diffèrent d'un champignon à l'autre. La plupart des changements qui stimulent la fructification ont un effet négatif sur la croissance végétative du mycélium. Il ne faudra donc les introduire que lorsque le mycélium aura complètement envahi le substrat. Ce sont en fait les conditions de croissance végétatives les moins favorables qui stimulent le mycélium à produire des fructifications.

Deux exemples de méthodes permettant de provoquer la fructification d'espèces de champignons différentes :

- Certains pleurotes (par exemple la variété *Pleurotus ostreatus*) ont de fortes chances de produire des fructifications après un coup de froid (une différence de 5 à 10 °C) à la fin de la croissance mycélienne. Il faut également diminuer la concentration de $CO_2$. Le mycélium peut se développer dans l'obscurité, mais la lumière est indispensable à la fructification.
- On fait tremper dans de l'eau pendant un jour ou deux des sacs de substrat entièrement envahi par un mycélium de Shiitake (*Lentinula edodes*). Le choc physique stimule la fructification en éliminant le $CO_2$ absorbé.

Au début de la phase de reproduction, de petits primordia se formeront. Si les conditions sont favorables, ils se développeront en fructifications. Un flux constant d'humidité transporte des substances nutritives du mycélium aux fructifications. Pour que le flux continue, il faut que l'eau s'évapore à la surface des champignons. Ceci explique pourquoi l'arrosage de champignons en pleine maturation ou une humidité relative trop élevée risquent d'abîmer la récolte.

## 2.4 Intervalles des températures nécessaires aux champignons cultivés

Choisissez une variété donnant des fructifications à une température proche de celle de l'air extérieur. Cela limitera les investissements en matériel de contrôle climatique et fera diminuer les coûts d'énergie. Comme le montre le tableau, peu d'espèces conviennent à des conditions climatiques vraiment tropicales. Seul les Pleurotes (*Pleurotus cystidiosus/abalones/ostreatus var. florida*) et les *Volvariella volvacea, Agaricus bi-torquis, Stropharia rugoso-annulata* et les Auriculaires (*Auricularria polytricha)* sont cultivées actuellement à des températures approchant les 30 °C.

*Tableau 1 : Espèces de champignons, intervalles des températures favorables à la croissance mycélienne, à une croissance optimale ainsi qu'à la fructification, et techniques à appliquer au substrat.*

| **Espèces de champignons/ nom commun** | **Tcm** | **Tcm optimale** | **Tfructification** | **Techniques** |
|---|---|---|---|---|
| Lentinula edodes / Shiitake | 5-35 | 20-30 | 8 -24 * | 1, 2,3 |
| Pleurotus abalonus / Pleurote abalone | 15-35 | 20-30 | 25-30 | 2, 3 |
| Pleurotus cystidiosus / Pleurote ormeau | 10-35 | 25-28 | 25-30 | 2, 3 |
| Pleurotus ostreatus / Pleurote en huître | 5-35 | 20-25 | 5-25 | 2, 3 |
| Pleurotus pulmonarius / Pleurote pulmonaire | 5-35 | 20-25 | 13-20 | 2, 3 |
| Pleurotus cornuco-piae# / Pleurote corne | 15-35 | 20-28 | 15-25 | 2, 3 |
| Pleurotus djamor^ / Pleurote rose | 15-35 | 24-30 | 20-30 | 2, 3 |
| Pleurotus eryngii / Pleurote du Panicaut | 10-35 | 20-25 | 15-22 | (2),3 |
| Auricularia polytricha / Auriculaire | 20-35 | 35-30 | 23-28 | 2 |

# ainsi que *Pleurotus citrinopileatus*
^ ainsi que des synonymes probables : *P. ostreatus, P. salmoneo-stramineus, P. flabellatus*
Tcm : l'intervalle dans lequel le mycélium reste viable ; aux deux extrémités de cet intervalle, la vitesse de croissance diminue.
Tcm optimale : l'intervalle des températures optimales pour la fructification ; la température la plus importante.
Techniques : techniques de préparation du substrat
1 sur rondins (non traité dans cet Agrodok)
2 pasteurisé ou préchauffé
3 stérilisé

# 3 Les fermes à champignons

Le choix du site d'une ferme à champignons devra tenir compte des facteurs suivants :

- distance au marché,
- disponibilité de matériau de substrat de qualité,
- transport du produit et du matériau de substrat,
- accès direct à de l'eau propre.

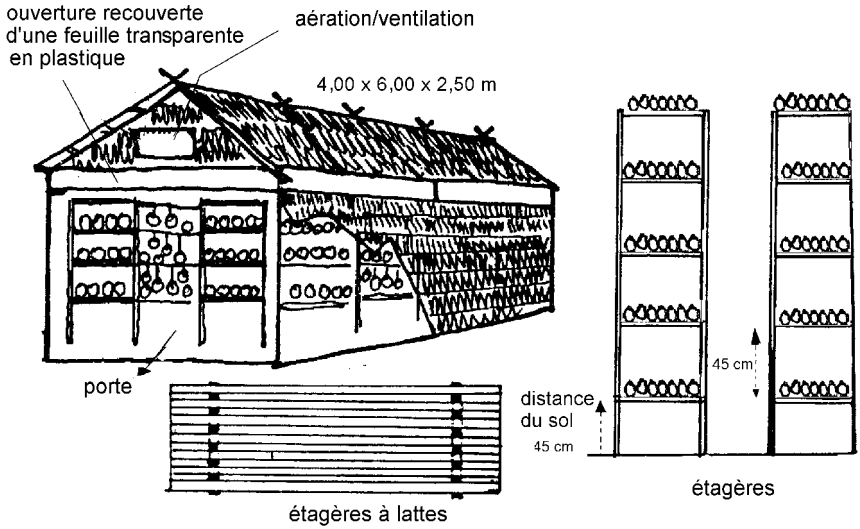



*Figure 4 : Bâtiment de culture*

## 3.1 Agencement de la ferme

Avant de prévoir l'agencement de la ferme, il faut commencer par faire une liste des processus qui s'y dérouleront. La présence d'une chambre d'inoculation, par exemple, se justifie ou non, selon si le producteur a l'intention de préparer ses propres substrats ou de les acheter déjà inoculés. De plus, l'agencement de la ferme doit permettre :

- un flux efficace de matériau de substrat,
- de prendre des mesures contre la contamination,
- une utilisation efficace de l'espace

La ferme à champignons doit assurer des conditions climatiques appropriées.
Il est également possible d'adapter des structures existantes, comme par exemple des tunnels de défense, des bunkers, des caves, des poulaillers, d'anciennes laiteries, des abattoirs, etc. Des cultures de champignons réussies ont été installées dans d'anciens tunnels de défense ou des chemins de fer.

### Sols

Lorsque le niveau d'investissement est faible, les hangars à champignons sont simplement construits sur un sol arable. Lorsque les moyens sont plus élevés, on coule des sols en ciment. Un sol légèrement incliné fournit une surface lisse facile à nettoyer. L'inclinaison permet d'évacuer l'eau en excès.
Il faut prévoir un filtre qui empêchera les gros débris d'être entraînés par les eaux d'évacuation. Les systèmes de drainage des différentes pièces ne doivent pas communiquer entre eux pour empêcher la propagation des maladies. Le sol doit également être lisse pour faciliter la manipulation et le transport des matériaux.

### Portes, fenêtres et autres ouvertures.

Les portes doivent donc bien fermer pour empêcher les insectes d'entrer dans les chambres de culture. Une double porte munie d'un treillis métallique devant la seconde entrée les tiendra à distance. Les fenêtres doivent répondre aux mêmes exigences : au minimum, on suspendra un simple filtre ou un vêtement devant les ouvertures.

L'odeur du mycélium attire énormément les mouches de champignons.

*Figure 5 : Double porte devant l'entrée de la chambre de croissance.*

## 3.2 Hygiène de la ferme

L'hygiène joue un grand rôle dans une ferme à champignons. Le contrôle chimique n'étant pas possible dans le cadre de la culture de champignons à petite échelle, l'hygiène et dans une certaine mesure la désinfection sont les seuls moyens permettant de lutter contre les parasites et les maladies. Ils doivent être appliqués non seulement dans la chambre de production de blanc, mais aussi dans celle où on produit le substrat, dans les chambres d'incubation et de croissance.

C'est pourquoi le choix d'un lieu adéquat pour installer la ferme à champignons est de toute importance.

Les environs de la ferme doivent être propres et exempts de sources possibles de contamination par des insectes, des moisissures etc. Il faut donc éviter de construire un nouveau bâtiment à proximité d'autres fermes à champignons. Les insectes et maladies se propageraient facilement d'une ferme à l'autre.

> Si possible, séparez les différentes unités de la nouvelle ferme.

Il faut séparer le laboratoire de production de blanc des chambres de croissance. Les différents stages de cultures doivent également être isolés par des murs (en plastique). En fait, aucun processus d'incubation ou d'envahissement de blanc ne doit avoir lieu dans la pièce où l'on récolte les champignons.

> Il est de toute importance de retirer immédiatement des chambres et de la ferme les débris, les sacs contaminés et les substrats épuisés. Il est même préférable de les emporter au loin.

Toutes ces mesures sont nécessaires pour éviter la présence à la fois des parasites apportés par les mouches ou d'autres insectes et les maladies issues de ces déchets. Si l'on veut réutiliser le substrat comme engrais pour le jardin, il faut le faire le plus rapidement possible.

# 4 Production de blanc de champignon

La semence de champignon (*matériau de propagation*) est généralement désignée sous le nom de blanc.

**Disponibilité du blanc**

Dans de nombreux pays en développement, la disponibilité de blanc de bonne qualité représente un facteur de limitation de la culture des champignons. L'importation est souvent entravée par la bureaucratie des services de douanes, les frais de transport élevés et la difficulté à garder le blanc à une basse température pendant le transport.
C'est pourquoi le producteur sera peut-être contraint de produire son propre blanc.

> Si l'on peut obtenir du blanc de bonne qualité du champignon désiré à un prix raisonnable, il vaut mieux se concentrer sur les processus de croissance du champignon. Si ce n'est pas le cas, le producteur devra s'occuper lui-même de la production ou reproduction du blanc.

Le processus complet de production de blanc consiste à préparer le milieu de culture, à remplir les éprouvettes ou les boîtes de Pétri et à les stériliser, puis à inoculer des récipients plus grands avec cette culture.

> La production de blanc nécessite un laboratoire désinfecté et des connaissances spécialisées.

*La production de blanc revient à mettre du mycélium du champignon désiré dans des substrats adéquats et stérilisés dans des conditions aseptiques.*

Mais, dans la pratique, ce processus n'est pas aussi simple qu'il en a l'air. Il faut maintenir dans des conditions strictes des souches appropriées du champignon désiré pour éviter leur dégénération. Lorsque

c’est impossible, la production de blanc devrait se faire à partir de cultures de tissu d’un champignon frais et sain. De plus, la chambre de production de blanc doit toujours être méticuleusement propre pour éviter toute contamination.

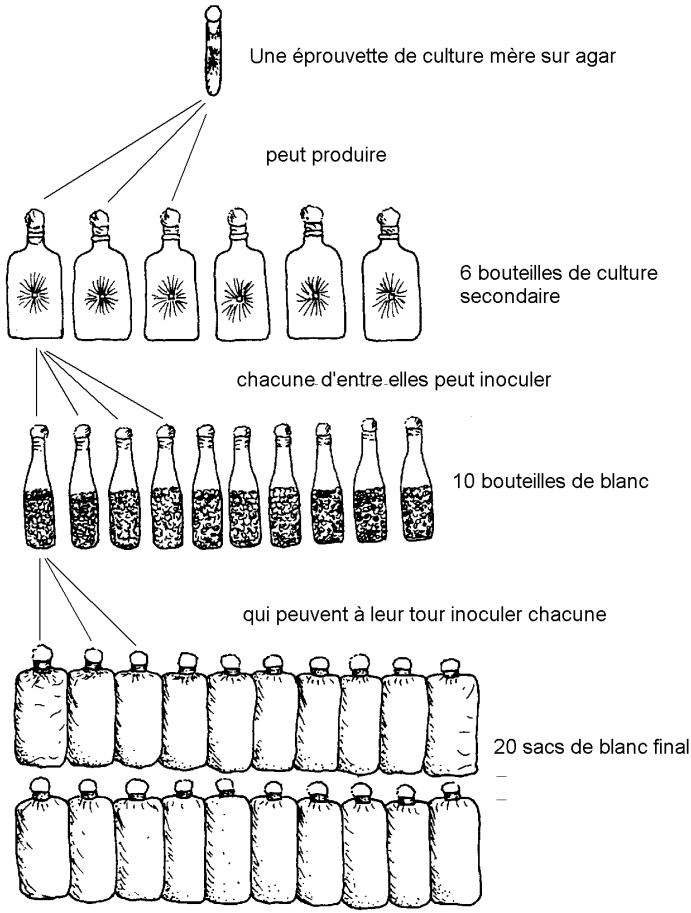

Une éprouvette de culture mère sur agar
peut produire
6 bouteilles de culture secondaire
chacune d'entre elles peut inoculer
10 bouteilles de blanc
qui peuvent à leur tour inoculer chacune
20 sacs de blanc final

*Figure 6 : Matériaux de substrat dans différents récipients*

## 4.1 La culture de démarrage

La culture de démarrage (ou culture mère) se fait à partir d'une fructification fraîche et saine ou provient d'un producteur de blanc ou d'un laboratoire. Elle permet de produire plusieurs cultures d'agar qui servent à inoculer du blanc dans des récipients plus volumineux (des flacons par exemple), puis à inoculer le substrat final de blanc.
Une unité de production de blanc nécessite l'équipement minimum suivant :

- du matériel de stérilisation (autocuiseur, autoclave)
- un environnement stérile : boîte à inoculation ou à écoulement laminaire
- un équipement de laboratoire : boîtes de Pétri, des éprouvettes, une balance, de l'alcool, une flamme
- une chambre à incubation

On trouve généralement ce genre d'équipement dans les hôpitaux, les centres de recherche et les universités.

Les matières premières consistent en :

- des ingrédients pour la préparation du milieu
- du matériau du substrat (céréales, baguettes de bois, sciure de bois ou même fibre de noix de palme)
- des champignons sains de culture ou frais, d'une souche de l'espèce désirée
- récipients à blanc (flacons ou sacs en plastique)

> Dans les pays peu producteurs de champignons, on se procurera le blanc auprès d'une université ou d'un centre de recherche au début du projet.
> Vous trouverez des adresses de producteurs de blanc dans les Adresses Utiles.

## 4.2 La stérilisation

Les céréales, la sciure ou le compost contiennent un grand nombre de contaminants.

Un seul grain de céréale peut héberger des milliers de bactéries, de moisissures et d'actinomycètes.

Chacun de ses éléments, appelés contaminants, est capable d'infecter des substrats mal stérilisés ou inoculés dans des conditions d'hygiène insuffisantes.

Un chauffage de 15 minutes à 121 °C suffit généralement à tuer tous les organismes. Il faut un certain temps pour que la vapeur chauffe le cœur des substrats à cette température. Cela dépend de la façon dont le récipient de stérilisation ou de pasteurisation a été rempli et de la capacité du brûleur.

La plupart du temps, les sacs de substrat doivent être chauffer à la vapeur pendant au moins 6 heures pour que leur centre soit suffisamment exposé à la chaleur. Sterilisez les sacs de 4 litres avec 2 kg de substrat de blanc pendant au moins 2 heures a une temperature de 121°C.

### Autocuiseur

La solution la plus économique consiste à s'équiper d'un ou de plusieurs autocuiseurs.
Choisir des autocuiseurs qui maintiennent la pression une fois la température finale atteinte.
L'autocuiseur le plus simple laisse échapper de la vapeur lorsque la pression est trop élevée ; souvent la pression descend en dessous d'1 atmosphère de surpression, provoquant l'ébullition du milieu. C'est ce qu'il faut éviter car le résultat serait catastrophique sur les boîtes de Pétri ou les flacons d'agar.

Les autocuiseurs doivent être munis d'un panier qui assurera une distribution de température plus égale à l'intérieur. La source de chaleur peut être externe (brûleurs de gaz, charbon, bois) ou intégrée (électrique).
L'avantage des autocuiseurs comprenant des éléments de chauffage contrôlés par thermostat, c'est qu'ils permettent un contrôle précis de la température.

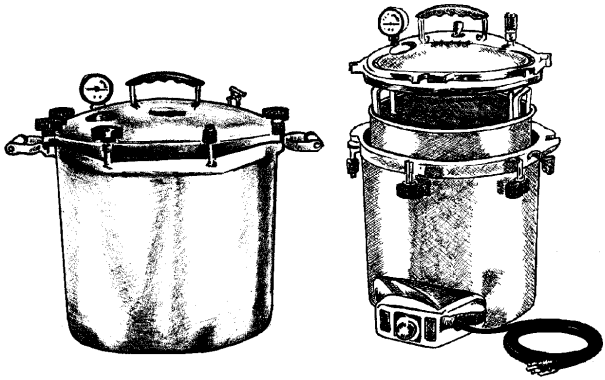


*Figure 7 : Autocuiseur à utiliser sur un brûleur et autocuiseur électrique*

## 4.3 Bonnes conditions de propreté

De bonnes conditions de propreté sont indispensables à la production de blanc. En particulier, l'ouverture des récipients contenant le milieu stérilisé doit être effectuée dans des conditions aseptiques. L'air ambiant contient de nombreux contaminants susceptibles d'infecter facilement le milieu stérilisé. Il faut donc pratiquer les manipulations et la préparation des cultures (de tissu) dans des boîtes spéciales placées dans des chambres d'inoculation.

### Chambre d'inoculation

L'intérieur de la chambre d'incubation doit être composé de matériaux non biodégradables et de surfaces lisses faciles à nettoyer. Les étagères doivent être conçues de sorte qu'on puisse facilement nettoyer le sol dessous. Elles sont habituellement en acier galvanisé ou en formica.

### Boîtes à inoculation

Ces boîtes à inoculation toutes simples sont largement utilisées partout dans le monde. On les fabrique avec les matériaux locaux disponibles, ce qui les rend bon marché. La vitre à l'avant s'ouvre pour permettre

de remplir la boîte de milieu stérilisé. On désinfecte l'intérieur en le nettoyant avec *une solution d'eau de Javel à 10%, une solution de formol à 2%. ou de l'alcool éthylique à 70%.*

> Prenez des précautions en utilisant ces produits chimiques. Certains sont toxiques et/ou risquent de provoquer des irritations au nez et aux yeux. Suivez bien les instructions pour éviter tout accident.

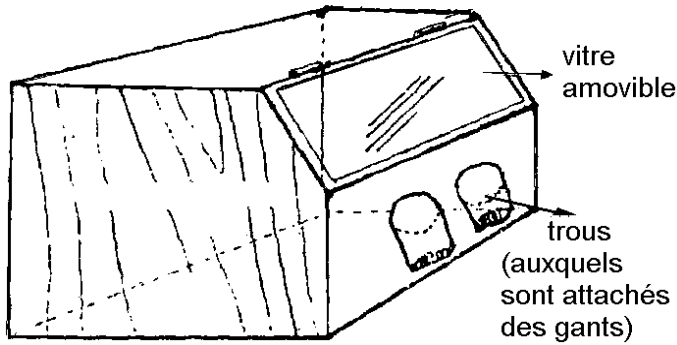



*Figure 8 : Simple boîte à inoculation de fabrication artisanale comprenant une vitre amovible sur le devant et des trous (auxquels sont attachés des gants) pour passer les mains.*

**Boîte à écoulement laminaire**

Un système d'écoulement laminaire de l'air se compose d'un ventilateur, d'un conduit, d'un filtre HEPA et d'une hotte. La taille du filtre doit correspondre à celle du ventilateur à haute pression.

L'avantage d'un écoulement laminaire de l'air, c'est que les contaminants ne peuvent se propager que dans une seule direction. Un écoulement de l'air turbulent permet aux spores de s'éparpiller dans toutes les directions et de provoquer davantage de contamination.

Les fabricants classifient les ventilateurs en fonction du volume d'air qu'ils sont capables de souffler à travers des matériaux d'une résistance donnée. Pour avoir un bon écoulement laminaire de l'air, on considère qu'il faut une vitesse de l'air d'environ 0,45 m/s. Le ventila-

teur doit être réglé progressivement et avoir la capacité de propulser à travers le filtre le double du volume d'air nécessaire pour atteindre la vitesse de l'air appropriée ; ceci du fait des pertes de pression subies lorsque le filtre est surchargé de particules.
Les filtres et les ventilateurs constituent le cœur de tout système d'écoulement laminaire, mais il y a d'autres facteurs qui entrent en jeu : les personnes qui effectuent les manipulations, leurs compétences et leur hygiène, mais aussi la construction des conduits et des filtres. Il faut les installer de façon à ce qu'ils ne puissent pas aspirer d'air contaminé.

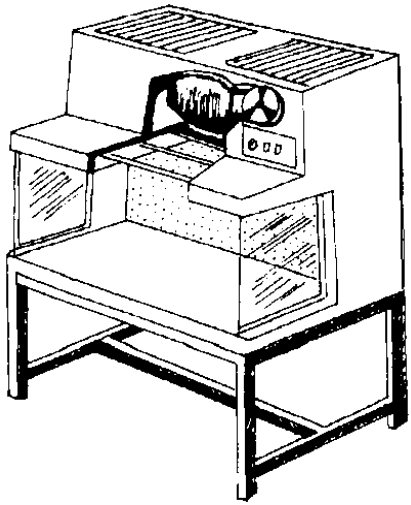


*Figure 9 : Une boîte à écoulement laminaire prête à l'emploi*

Les filtres HEPA et ce type de ventilateurs ne sont pas distribués dans de nombreux pays. Dans ce cas, il faut les importer.

## 4.4 Cultures

Les premières étapes de la production de blanc s'effectuent dans des milieux de culture artificiels qui doivent contenir suffisamment de substances nutritives, par exemple des saccharides, et un agent solidifiant (agar ou gélatine).
Le mycélium pousse sur la surface du milieu de culture et servira ensuite à inoculer de plus grandes quantités de substrats sur sciure ou sur céréales. Les cultures se feront dans des éprouvettes ou des boîtes de Pétri (ou des flacons de whisky plats).

On peut également essayer de se procurer de petites quantités de culture mère de blanc de bonne qualité pour préparer le blanc final.

### Cultures de tissus

On obtient du mycélium jeune et vigoureux à partir d'une jeune fructification (de préférence encore en bouton), en utilisant un scalpel, de l'alcool, des cultures inclinées sur agar stérilisées, des boîtes de Pétri ou des flacons d'agar, une flamme (sans fumée) et une table de travail propre ou de préférence une boîte à écoulement laminaire ou une boîte à inoculation.

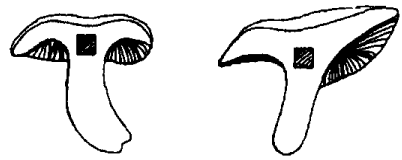


*Figure 10 : Partie à utiliser dans un shiitake (à gauche) et un pleurote (à droite)*

- Lavez méticuleusement le champignon.
- Trempez le scalpel dans l'alcool, puis chauffez-le au rouge sur la flamme.
- Laissez-le refroidir pendant 10 secondes.
- Cassez ou déchirez le champignon dans le sens de la longueur (ne le coupez pas avec un couteau parce que les contaminants de la surface risqueraient d'adhérer à la lame). Ne touchez pas la surface intérieure avec les mains.
- A l'aide du scalpel passé à la flamme, prélevez un petit morceau (un de 2x2 mm2 suffit) du tissu intérieur. Veillez à ce qu'il n'entre pas en contact avec le tissu de surface.
- Ouvrez l'éprouvette/la boîte de Pétri.
- (Si vous utilisez des éprouvettes : passez-en l'ouverture à la flamme pour détruire les spores indésirables). Puis placez le tissu se trouvant sur le scalpel au milieu de l'agar.
- Refermez immédiatement.
- Inoculez au moins trois cultures, davantage de préférence.

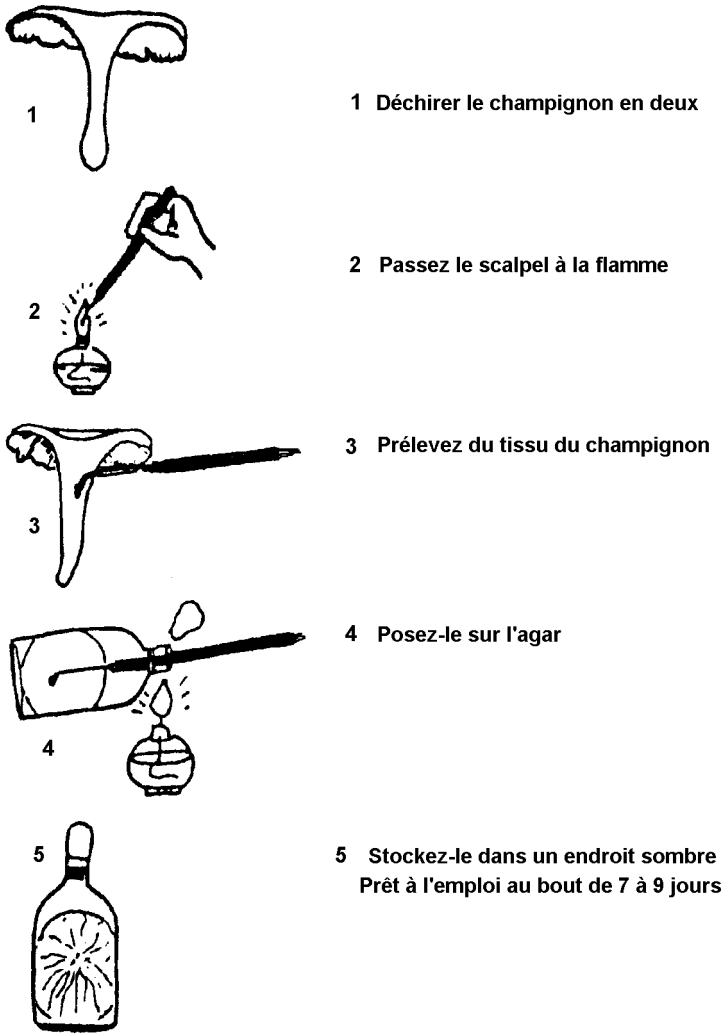

1
1 Déchirer le champignon en deux
2
2 Passez le scalpel à la flamme
3
3 Prélevez du tissu du champignon
4
4 Posez-le sur l'agar
5
5 Stockez-le dans un endroit sombre
Prêt à l'emploi au bout de 7 à 9 jours

*Figure 11 : Préparation du blanc*

Faire incuber les éprouvettes ou boîtes de Pétri nouvellement inoculées à 25 °C pendant environ dix jours. Au bout de trois à quatre jours, le mycélium aura recouvert le tissu et se ramifiera sur l'agar.

Si aucune croissance ne se manifeste sur l'agar, vérifiez les points suivants :
-Le champignon était sans doute trop vieux. Essayez avec un spécimen plus jeune.
-Le scalpel n'était peut-être pas assez refroidi au moment du prélèvement et a transmis trop de chaleur au mycélium.

Le mycélium doit être blanc et s'étendre en dehors du tissu. Si vous voyez apparaître du mycélium jaune, bleu, vert ou gris à d'autres endroits de la surface, ce sont des contaminants fongiques. Une croissance crémeuse et brillante est souvent le signe d'une contamination bactérienne.

## 4.5 Préparation du milieu de culture

La plupart des espèces poussent sur les milieux suivants :

### PDA : milieu d'extrait de pommes de terre, de dextrose et d'agar

Ingrédients : *200 g de pommes de terre coupées en dés, 20 g de poudre d'agar, 20 g de dextrose ou de sucre de canne blanc ordinaire, 1 litre d'eau*.

1 Lavez et pesez les pommes de terre, puis coupez-les en petits morceaux.
2 Faites-les bouillir de 15 à 20 minutes, jusqu'à ce qu'elles soient tendres.
3 Retirez les pommes de terre et
4 ajoutez de l'eau au bouillon jusqu'à l'obtention d'1 litre exactement.
5 Ajoutez le dextrose et l'agar. Veillez à mettre la quantité exacte de sucre et d'agar pour éviter que la préparation soit trop ramollie ou trop dure.
6 Remuez de temps en temps et chauffez doucement jusqu'à ce que l'agar ait fondu. L'agar doit être chaud quand on le verse dans les éprouvettes ou les flacons, sinon il fera des grumeaux.
7 Remplissez les récipients jusqu'au quart environ.
8 Puis fermez hermétiquement les éprouvettes ou les flacons avec un tampon de coton.

**Bouillon de son de riz**

La recette précédente est utilisée couramment pour la conservation des cultures, mais pour leur multiplication, la recette suivante est plus économique et plus facile à préparer. On s'en sert pour la culture des pleurotes (Pleurotus) et des auriculaires (Auricularia) aux Philippines.

Ingrédients : *200 g de son de riz, 1 litre d'eau, 20 g de gélatine*. Faire bouillir le son de riz dans l'eau pendant environ 10 minutes. Filtrez, gardez le bouillon et faites fondre la gélatine, puis verser la préparation dans des flacons que vous stérilisez.

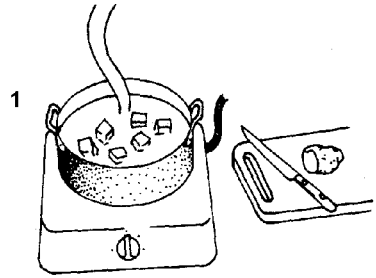
## 4.6 Préparation des cultures inclinées

Avant d'utiliser les éprouvettes contenant le milieu de culture, il faut les stériliser. Dans les laboratoires à petite échelle, on utilise couramment des autocuiseurs, mais les autoclaves conviennent tout aussi bien.

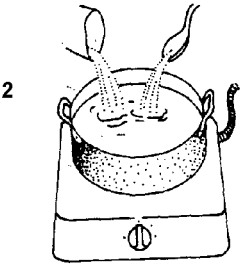
*Procédure*

- Versez de l'eau dans le récipient jusqu'au niveau du panier.
- Placez les flacons/éprouvettes dans le panier en les couvrant de plastique pour empêcher l'eau de mouiller les bouchons de cotton.
- Fermez bien le couvercle.
- Au début, laissez la soupape d'air ouverte pour permettre à l'air de s'échapper. Il faut attendre quelques minutes avant que l'eau boue et que la vapeur s'échappe.
- Fermez la soupape. Le manomètre indique la montée de la pression.
- Stérilisez sous pression de 20 à 30 minutes.

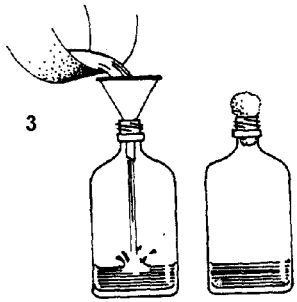
Pour augmenter la superficie de la préparation, on incline les éprouvettes ou les flacons quand l'agar est encore liquide.
Veillez à ce que l'agar n'entre pas en contact avec le bouchon de coton qui risquerait de le contaminer.
Attendez que l'agar se soit solidifié pour déplacer ou manipuler les récipients pour éviter qu'une petite partie de l'agar ne se solidifie sur l'autre paroi ou trop près du bouchon.



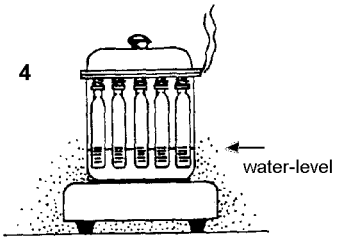

Faire cuire des pommes de terre coupées en dés jusqu'à ce qu'elles soient tendres



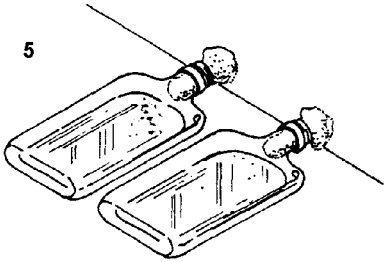

Retirez les pommes de terre et ajoutez le dextrose et l'agar au bouillon jusqu'à l'obtention d'un litre



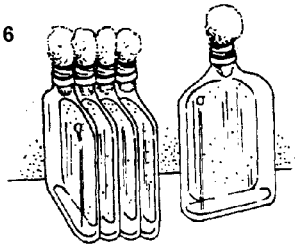

Verser dans des éprouvettes ou des flacons plats et bouchez avec du coton




Stérilisez pendant 15 minutes dans un autocuiseur




placez les récipients dans une position inclinée pour que l'agar puisse couvrir complètement un des côtés du flacon




stockez dans un endroit frais jusqu'à ce qu'ils soient prêt à être inoculés.

*Figure 12 : Préparation du milieu PDA, à base de pommes de terres, de dextrose et d'agar (1-3), et des cultures inclinées (4-6)*

**Cultures secondaires**

Inoculez d'autres éprouvettes selon la méthode indiquée.

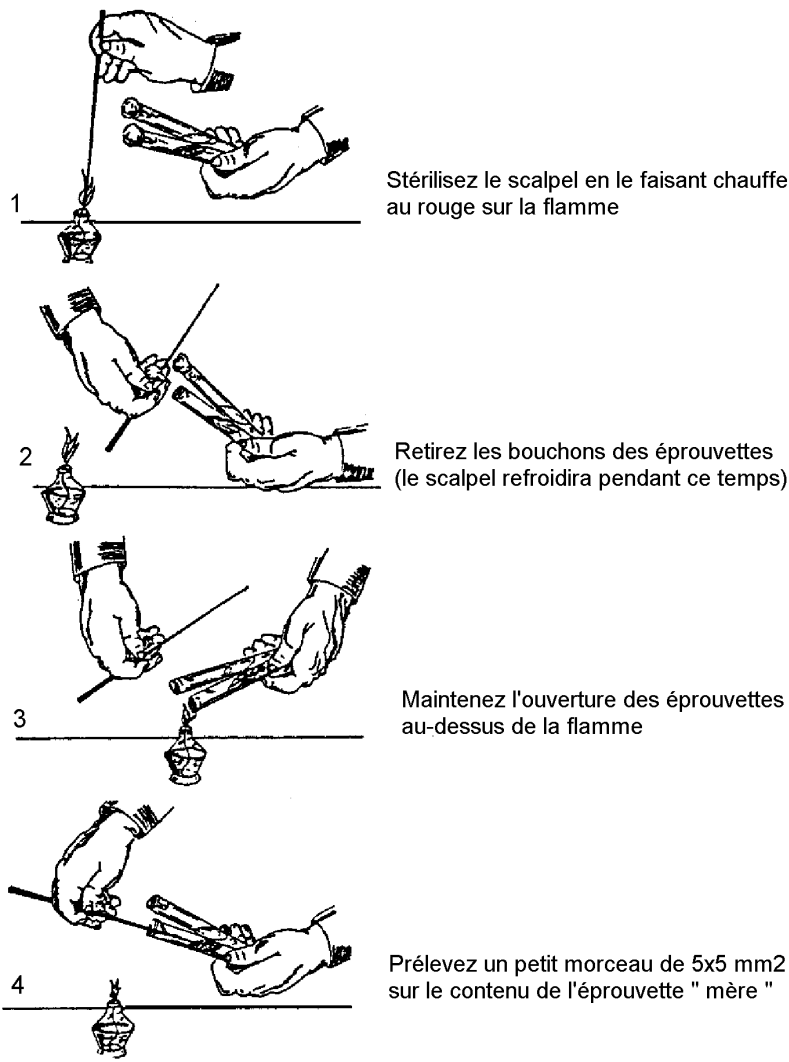

1
Stérilisez le scalpel en le faisant chauffer au rouge sur la flamme
2
Retirez les bouchons des éprouvettes (le scalpel refroidira pendant ce temps)
3
Maintenez l'ouverture des éprouvettes au-dessus de la flamme
4
Prélevez un petit morceau de 5x5 mm2 sur le contenu de l'éprouvette " mère "

*Figure 13 : Cultures secondaires*

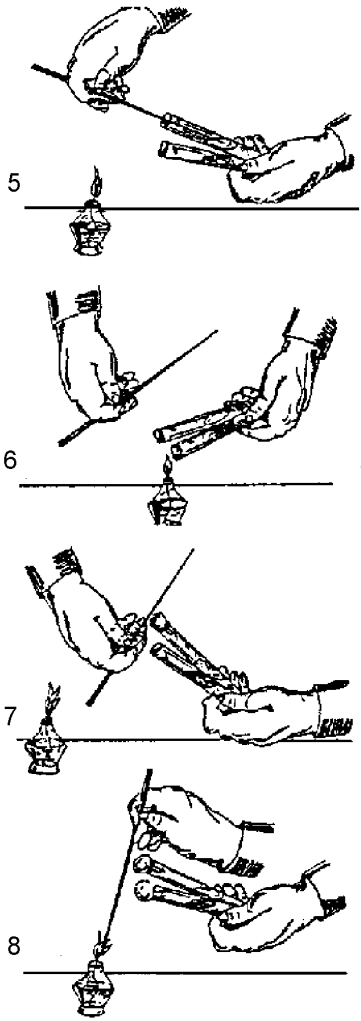

5
Placez ce morceau au milieu de l'agar de la nouvelle éprouvette
6
Maintenez l'ouverture des éprouvettes pendant trois secondes au-dessus de la flamme
7
Remettez les bouchons dans les éprouvettes
8
Stérilisez à nouveau le scalpel avant le transfert suivant

*Figure 14 : Cultures secondaires (suite)*

Il est conseillé de ne pas transférer le mycélium plus de huit fois ou sur une période de plus de deux ans sur de l'agar, pour éviter la dégénération.

Le mycélium subit une dégénération au bout d'un certain nombre de transferts. Il n'est donc pas possible de continuer à transférer indéfiniment les cultures sur de l'agar.

### Récipients contenant le blanc

Le matériau des récipients destinés à contenir le blanc doit être résistant à la chaleur : on utilise le plus couramment du verre et du polypropylène (PP). Il faut vérifier s'ils supportent la température de l'intérieur des ustensiles de stérilisation. Si la pression est supérieure à 1 atmosphère de surpression, la température montera au-dessus de 121 ºC. Il arrive que les sacs en PP se fendillent après le processus de stérilisation. Évitez les sacs comportant une soudure : ils ont tendance à se déchirer après un traitement thermique.

On utilise souvent des flacons en verre ou en plastique résistant à la chaleur pour la culture mère de blanc. Des flacons à l'ouverture assez large, des bouteilles de lait ou des flacons de dextrose feront aussi l'affaire. Ceux-ci sont idéals parce qu'on peut se les procurer gratuitement dans les hôpitaux et qu'ils ont des ouvertures d'air faciles à boucher avec de la ouate. On peut également les utiliser pour le blanc final, mais si le mycélium a envahi le blanc et forme une grosse touffe, il faudra casser les flacons pour le sortir. Pour le blanc final on se sert fréquemment de sacs en polypropylène, munis de filtres ou de bouchons en coton permettant l'aération (pour des substrats à base de sciure ou de céréales). Leur taille varie de 2,5 à 15 litres pour le blanc sur céréales.

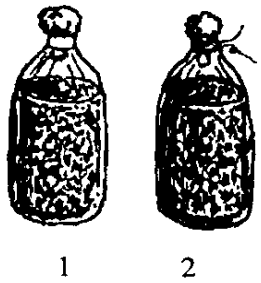



*Figure 15 : Sacs fermés avec un bouchon en coton*

Il faut que l'échange de gaz métaboliques tels que le $CO_2$ avec l'air se fasse, sans que les spores indésirables pénètrent dans le récipient.

## 4.7 Culture mère de blanc

La culture mère de blanc peut servir à inoculer du blanc sur céréales ou une seconde génération de culture mère.
Dans des laboratoires simples, il est déconseillé d'inoculer une autre génération de culture mère de blanc parce que le risque de contamination et de dégénération serait trop grand.

### Préparation du blanc sur céréales

Le principal avantage des céréales, c'est qu'ils sont très nourrissants pour les champignons et qu'ils forment des grains qu'on peut facilement disperser dans le substrat. Leur inconvénient majeur, c'est qu'ils fournissent également un substrat idéal pour d'autres organismes. Les risques de contamination sont donc bien plus élevés qu'avec du blanc cultivé sur de la sciure de bois.

*Types de céréales*

On utilise différentes sortes de céréales, par exemple le blé, le seigle, le riz ou le sorgho.
Leur taux d'humidité doit avoisiner 50%. S'il est plus élevé, la croissance mycélienne sera peut-être plus rapide, mais le risque d'apparition de bacilles sera aussi plus grand. Si ce taux est inférieur à 35%, la croissance mycélienne se fera lentement.
Faites d'abord bouillir les céréales, faites-les égoutter, puis mettez-les dans des récipients et stérilisez-les.

*Formule du blanc sur céréales*

On obtient un taux d'humidité supérieur dans de petits récipients que dans des sacs de 15 litres. Pour des récipients de 2 litres, la recette est la suivante : 480 g de seigle, de sorgho ou de blé, 400 ml d'eau, 2 g de gypse (45% d'humidité).

### Préparation du blanc sur sciure

Substrat du blanc sur sciure : sciure 10 kg, CaCo3 147,5 g, son de riz 1,25 kg, gypse 0,1475 g, urée 0,5 g, eau 1,5 l (voir Annexe 1).

### Stérilisation

Stérilisez les récipients destinés au blanc dans un autocuiseur ou autoclave. La durée nécessaire dépend du type d'appareil, de la façon dont sont remplis les récipients (serré ou non) et de leur taille.
Par exemple, deux heures pour des récipients de 500 g ; trois ou quatre pour des sacs de 3 kg.

> Secouez les flacons en les retirant de l'autocuiseur ou de l'autoclave.

### Inoculation

Elle peut avoir lieu une fois que la température du centre du récipient est tombée en dessous du maximum de celle de la croissance mycélienne.
Utilisez au moins un (flacons de 250 ml) ou deux (flacons plus grands) carrés de 10 x 10 $mm^2$ de l'agar complètement envahi ou de la culture mère pour chaque flacon.

### Incubation

Incubez les flacons jusqu'à ce que le mycélium ait envahi tout le substrat. La température doit avoisiner la température optimale de croissance mycélienne (consultez le tableau du chapitre Biologie des champignons).

> Secouez-les une fois (au bout de huit jours) ou deux fois pendant la période d'incubation (ou tous les deux ou trois jours), pour répartir régulièrement le mycélium et empêcher que les grains ne se collent les uns aux autres.

La plupart des espèces mettront environ deux semaines à envahir complètement le substrat.

### Stockage

Conservez le blanc au réfrigérateur (sauf celui de certaines souches de Pleurotus djamor qui sont très sensibles au froid et doivent être stockées à plus de 12 °C) et ne le sortez qu'au moment de son utilisation.
Le blanc sur céréales risque de s'abîmer en une nuit à une température supérieure à 25 °C.

## 4.8 Préparation du blanc final

Le choix du substrat pour le blanc se fera en fonction de l'espèce cultivée et de la méthode de culture. Le tableau suivant indique les substrats le plus fréquemment utilisés.

*Tableau 2 : Utilisation des substrats pour le blanc*

| **Espèces** | **Méthode de culture** | **Substrat du blanc final** |
|---|---|---|
| Shiitake/*Lentinula edodes* | sciure de bois stérilisée en sacs | céréales, sciure de bois |
| Pleurote/*Pleurotus spp.* | substrats pasteurisés ou stérilisés | céréales, sciure de bois ou paille |
| Auriculaire/*Auricularia* | stérilisé | sciure de bois |

### Blanc sur sciure ou sur céréales ?

L'avantage du blanc sur sciure, c'est qu'on peut le garder beaucoup plus longtemps à une température plus élevée sans qu'il s'abîme. De plus, le matériau du substrat est moins cher. On le prépare selon la méthode décrite au chapitre « substrats stérilisés* », sauf qu'il faut le stériliser à 121 °C sous pression.

L'avantage du blanc sur céréale, c'est sa vigueur. L'inconvénient, c'est qu'il s'abîme rapidement et contient beaucoup de substances nutritives, ce qui favorise la contamination. On ne peut pas s'en servir à l'extérieur, parce qu'il serait dévoré par les rongeurs. Le blanc sur céréale provoque une hausse plus rapide de la température dans le substrat inoculé que le blanc sur sciure, ce qui peut être souhaitable ou non. On traite le céréale de la même façon que la culture mère de blanc (voir plus haut). On l'inocule avec du blanc de céréale ou des baguettes de bois.

### Stockage et pureté

Un blanc de qualité montre une croissance mycélienne vigoureuse et ne contient pas d'autres organismes. Lorsque le stockage dure trop longtemps, la vigueur diminue. Après un stockage prolongé, le blanc de pleurote devient très compact. Il sera donc difficile à utiliser pour le lardage.

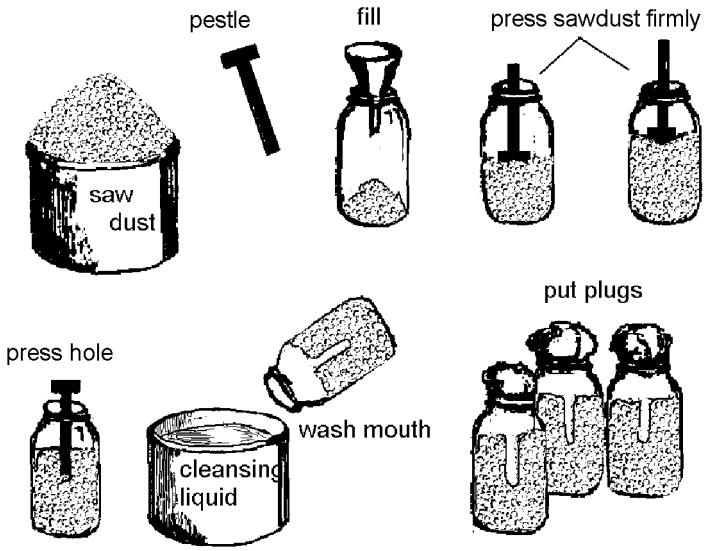



*Figure 16 : Préparation de blanc sur sciure dans des flacons en verre. N'oubliez pas de nettoyer l'ouverture des flacons pour empêcher que des spores ne se mettent à germer*

# 5 Culture de pleurotes

**Substrat**

Le nom donné au matériau sur lequel pousse le mycélium des champignons est substrat. De nombreux déchets agricoles tels que des copeaux ou de la sciure de bois, de la bagasse de canne à sucre et différents types de paille peuvent servir de matériau de base du substrat pour pleurotes.

Les propriétés d'un substrat déterminent le type de champignons et de microbes qui pousseront dessus. Plus il répondra aux besoins d'un champignon donné et moins il conviendra à d'autres, plus on aura de raisons de le choisir.

Après l'avoir mélangé et y avoir ajouté certains compléments, on fait subir au substrat un traitement thermique permettant d'assurer au mycélium du champignon souhaité un milieu pauvre en compétiteurs.

## 5.1 Préparation du substrat

La préparation du substrat nécessite essentiellement des barils à pétrole, des sacs en plastique et une fourche pour mélanger tous les ingrédients. Le sol sur lequel on mélangera et on humidifiera la sciure (ou la paille) sera de préférence en ciment.

Équipement nécessaire :

- un mélangeur de substrat (optionnel). Le mélange des ingrédients peut également se faire à la main.
- une source de vapeur ou un équipement permettant de chauffer, un baril à pétrole par exemple.

Pour le substrat :

- des matériaux de substrat tels que de la sciure, du son de riz, de la paille de blé, des feuilles de bananiers, de l'herbe à éléphant, de l'herbe sèche, etc.
- des récipients à substrat (des sacs en plastique ou des flacons),

- selon le type de sacs/de flacons : bouchons supplémentaires et manchons en plastique ou élastiques.

### Mélange du substrat

On mélange les ingrédients et l'eau pour les répartir le plus régulièrement possible. Lorsqu'on ajoute un composant, de la craie par exemple, en petite quantité, il vaut mieux commencer par le mélanger avec un peu de substrat avant de l'ajouter à l'ensemble, sinon il ne serait pas réparti uniformément dans le substrat. Si certaines parties contiennent une concentration de substances nutritives très élevée, elles risquent d'être contaminées.
Le fait de mélanger les ingrédients permet également une bonne répartition de l'humidité. Chaque partie du substrat doit disposer de la quantité d'eau nécessaire. Après le mélange, le taux d'humidité doit être de 60 – 65%.

> On obtient parfois une meilleure répartition des ingrédients en les mélangeant à sec (par exemple, dans des substrats « stérilisés » contenant de la sciure et des compléments). On ajoute l'eau ensuite.

.

On peut mélanger à la main jusqu'à 2000 kilos à la fois, sur un sol cimenté, comme lorsqu'on fait du ciment. La capacité journalière de deux personnes est de 2 tonnes. Mais il leur faudra de l'aide pour le remplissage.

> Stérilisez le substrat le plus rapidement possible après avoir ajouté les suppléments. Il ne faut pas stocker le mélange plus de six heures pour éviter que le substrat ne fermente.

#### *Substrat de sciure*

On forme un tas avec la sciure (ou tout autre matériau de base) et on l'humidifie. La sciure s'amoliera, ce qui favorisera l'absorption de l'eau. On garde généralement la sciure en tas pendant un jour ou deux.
Dans le cas où on ne peut se procurer que de la sciure fraîche, provenant par exemple d'arbres abattus récemment, on doit garder la sciure

en tas pendant une période beaucoup plus longue, jusqu'à plusieurs semaines.
Le substrat de sciure ne doit pas contenir d'échardes ou de gros morceaux de bois. Cela risquerait de déchirer les sacs et de fournir ainsi un accès facile aux contaminants, après la stérilisation. D'un autre côté, certains producteurs considèrent que le meilleur matériau de base est constitué par un mélange de sciure fine et de sciure plus grossière ou de copeaux. Il faut éviter d'utiliser de la sciure trop fine qui boucherait l'écoulement d'air, une fois humide.

*Substrat de paille*
On humidifie les ingrédients coupés fins. On vérifie si le taux d'humidité du substrat est suffisant en le pressant.

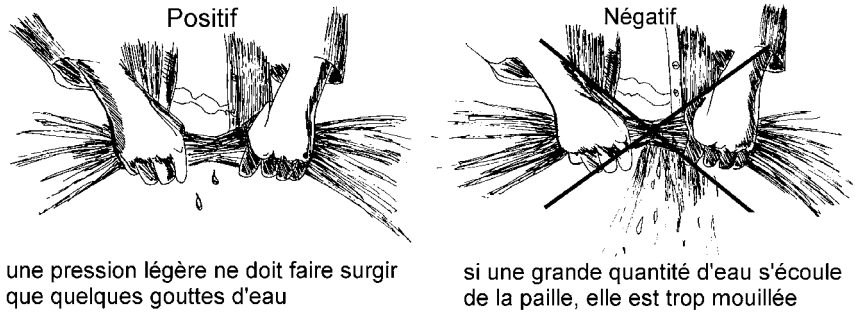

Positif
Négatif
une pression légère ne doit faire surgir que quelques gouttes d'eau
si une grande quantité d'eau s'écoule de la paille, elle est trop mouillée

*Figure 17 : Test de la pression*

*Remplissage des sacs*
On met ensuite le substrat dans de petits récipients (généralement des sacs en plastique) et on les stérilise, par exemple dans un baril à pétrole.

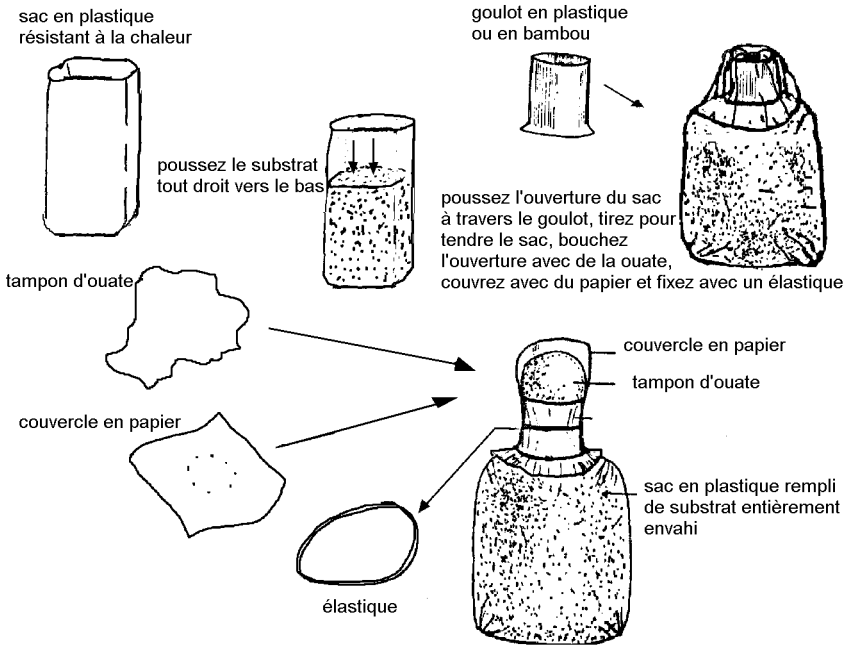



*Figure 18 : Remplissage des sacs*

## 5.2 Traitements thermiques

Le traitement thermique est destiné à tuer les micro-organismes compétiteurs et à éliminer les éléments nutritifs facilement solubles. On fait chauffer la plupart des substrats avant le lardage. Cette mesure est indispensable pour lutter contre les parasites et les maladies.
Dans cet Agrodok, nous abordons trois méthodes :

- la pasteurisation à la vapeur,
- la pasteurisation par immersion dans de l'eau chaude
- la stérilisation

*Tableau 3 : Avantages et inconvénients de différents traitements thermiques*

| Traitement thermique | Remarques | Équipement |
|---|---|---|
| Pasteurisation du substrat frais par **immersion dans de l'eau chaude** | - Méthode simple applicable à différents déchets agricoles, tels que la pulpe de café, la paille ou la sciure de bois.<br>- Peu de chance de contamination du fait que les hydrates de carbone sont éliminés par le processus d'immersion | Feu de bois ou système utilisant l'énergie solaire |
| **Pasteurisation à la vapeur** du substrat frais | - Bonne méthode pour traiter de grandes quantités de déchets agricoles utilisés pour le substrat : paille, épis de maïs ou coque de graine de coton<br>- Risques de contamination plus élevés qu'avec les deux autres méthodes | Chaudière à vapeur ou chambre de pasteurisation |
| **Stérilisation** du substrat | Méthode plus simple bien adaptée aux sacs de sciure. | Baril à pétrole posé sur un feu de bois ou un brûleur à gaz |

### Immersion dans de l'eau chaude

C'est une forme de pasteurisation. L'eau chaude va tuer les contaminants. On traite ainsi différents types de paille pour la culture des pleurotes *(Pleurotus)*.

Cette méthode est très simple : il suffit d'avoir de l'eau chaude, des récipients et du combustible pour maintenir l'eau à la bonne température.

Matériaux et équipements nécessaires :

- matériau de substrat (voir les formules dans l'annexe2),
- récipients pour le substrat (par exemple sacs en plastique ou cuves),
- récipients pour l'eau chaude et source d'énergie permettant de maintenir l'eau à la bonne température (combustible, énergie solaire, vapeur, etc.),
- treillis métallique pour que le substrat puisse s'égoutter.

On place le substrat sur un treillis métallique dans l'eau chaude qui doit être maintenue à 70 °C pendant au moins 15 minutes, et de préférence 30-60 minutes.

> Une immersion à une température plus basse et pendant une période plus courte est insuffisante pour tuer tous les contaminants.

La taille des récipients d'eau dépend de l'envergure de l'opération. Un récipient de 240 litres peut contenir environ 90 kg de substrat de paille humide. Le temps d'immersion n'étant que d'environ 30 minutes à une heure, le répicient est réutilisable plusieurs fois par jour.

> On ne doit pas utiliser la même eau pour plus de deux ou trois fournées de substrat.

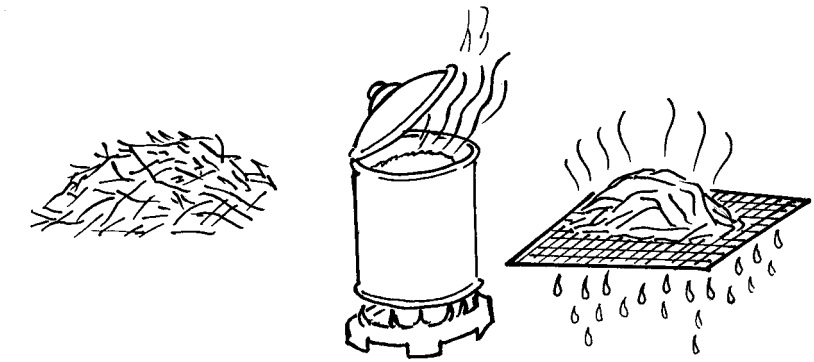


*Figure 19 : Immersion et égouttage de la paille*

*Égouttage et refroidissement*

Égouttez le substrat traité et laissez-le refroidir dans une feuille en plastique propre sur une table ou sur le sol à l'intérieur de la ferme. Puis lardez comme décrit au paragraphe 5.2 Lardage du substrats pasteurisé.

### Pasteurisation de grandes quantités à la vapeur

Elle tue les organismes indésirables tout en préservant les autres. Il faut maintenir une température de 60 à 70 ºC pendant au moins 8 heures.
La plupart des parasites et des maladies seront éliminés à cette température.

Matériau et équipement nécessaires :

- matériau de substrat (voir les formules 4-6 dans l'annexe 2)
- récipients (sacs en plastique par exemple)
- baril à pétrole et brûleur

Placez une grille à maille fine dans le baril à pétrole pour empêcher que la paille ne passe au travers. Remplissez d'eau jusqu'à une hauteur de 20 cm. Ajoutez ensuite la paille humide au-dessus de la grille et exposez-la à la vapeur pendant au moins 8 heures. Attendez que la paille ait refroidi en dessous de 30 °C avant de procéder au lardage.

> Utilisez le baril à pétrole comme indiqué. Veillez à ce que la vapeur puisse s'échapper à travers de petits orifices pour éviter que le baril n'explose.

### Stérilisation

Cette méthode est également utilisée pour détruire les organismes indésirables. Mais elle doit être effectuée à une température beaucoup plus élevée que celle des deux autres méthodes, ce qui provoquera une montée progressive d'un certain niveau de surpression dans le baril ou autre récipient utilisé.
Mais du fait de la simplicité de l'équipement, la température maximale ne dépassera pas 90 °C et la pression dans le récipient ne sera pas très élevée non plus. On obtiendra toutefois de bons résultats et un substrat stérile en prolongeant le chauffage à cette température.

> Pour éviter tout risque d'explosion, il faut vérifier que le couvercle du baril ou du récipient hermétique est bien muni d'une valve de sécurité.

Matériaux et équipements nécessaires :

- matériau de substrat (voir les formules 1-3 dans l'annexe 2)
- récipients de substrat (par exemple les sacs en plastique)
- baril à pétrole (renforcé) ou récipient en métal. Assurez-vous que le matériel utilisé résiste aux températures utilisées.

A des altitudes plus élevées l'eau bouillera en dessous de 100 °C et la durée de chauffage devra être prolongée.

## 5.3 Lardage du substrat pasteurisé

Le substrat doit avoir refroidi jusqu'à 30 °C (quíl ait été pasteurisé à la vapeur ou par immersion dans de l'eau chaude). On peut y mélanger le blanc (de 3 à 8% du poids du substrat) en remplissant les sacs ou déposer un peu de blanc entre les couches de substrat.
On peut mettre le substrat dans différents types de sacs. Ne jamais dépasser 20 kg par sac : une fermentation spontanée ferait monter la température de l'intérieur des sacs à plus de 30 °C, limite supérieure de la croissance mycélienne de la plupart des espèces de pleurotes.

En Chine, on utilise un type de sac constitué d'un cylindre en plastique de 20 cm de diamètre, rempli jusqu'à 50 cm de hauteur, et muni en son milieu d'un tuyau perforé par lequel s'effectue l'aération. Le tuyau permet également de faire baisser la chaleur même au coeur du substrat. Envahissement du blanc : à 25 °C le mycélium mettra 20 jours à coloniser le substrat. Dans un environnement très humide, par exemple dans un hangar, on peut enlever entièrement le plastique et le tuyau. Il est également possible de laisser le plastique sur le substrat, mais dans ce cas il faudra faire des entailles dans le plastique pour permettre aux champignons de pousser.

## 5.4 Lardage des sacs stérilisés

Le substrat doit être lardé dès que sa température est en dessous de 30 °C. On utilise généralement des quantités relativement grandes de blanc : de 7 à 10% du volume total. Mais il arrive qu'une plus petite quantité donne le même résultat.

*Le lardage*

Le lardage consiste à soulever les bouchons des sacs pour y déposer une petite quantité de blanc.

Pour effectuer le lardage, il faut ouvrir les sacs et c'est le moment où il y a le plus de risques de contamination.

Il faut donc limiter au maximum la durée de l'ouverture !

L'air de la pièce joue aussi un rôle important : l'idéal est d'éclairer la chambre d'inoculation la nuit avec des lampes UV et de filtrer l'air.

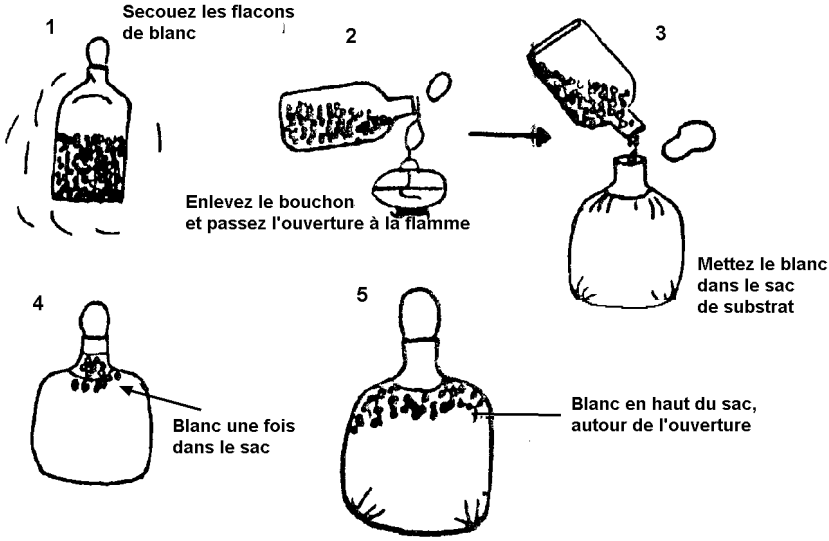

1
Secouez les flacons de blanc
2
Enlevez le bouchon et passez l'ouverture à la flamme
3
Mettez le blanc dans le sac de substrat
4
Blanc une fois dans le sac
5
Blanc en haut du sac, autour de l'ouverture

*Figure 20 : Les différentes étapes du lardage*

Au cours de l'inoculation, il est nécessaire de prendre certaines mesures pour éviter la contamination du substrat !

- Mettez des vêtements propres,
- Placez les sacs chauds dans une pièce spéciale éclairée aux UV. Laissez-les refroidir sans ventilation, ou alors ventilez avec de l'air filtré.
- Inoculez le lendemain (n'oubliez pas d'éteindre la lumière UV).

- Tenez le substrat et le blanc à l'horizontale pour empêcher que des spores ne tombent à l'intérieur.
- Utilisez une flamme près de l'ouverture des flacons de blanc et des sacs en plastique pour que l'environnement reste plus ou moins stérile.
- Procédez au lardage la nuit, lorsqu'il y a moins de contamination dans l'air.
- Nettoyez avec des produits chimiques : formol ou alcool.

Évitez tout contact avec ces produits. Leur utilisation présente un risque pour la santé et l'environnement ; donnez la priorité aux mesures d'hygiène.

La vaporisation avec du $H_2O_2$ (eau oxygénée) permet de nettoyer une pièce avant le lardage, tout en respectant l'environnement puisque ce produit se transforme en oxygène et en eau.

*Utilisation des barils à pétrole*

On utilise un simple baril á pétrole de la façon suivante :

- Placer une grille en bois à environ 20 cm du fond.
- Remplir le baril d'eau jusqu'à la hauteur de la grille.
- Déposez les sacs remplis de substrat sur la grille, à l'intérieur du baril.
- Posez le couvercle sur le baril et exposer à la vapeur de quatre à six heures en chauffant le baril avec du bois ou du gaz.

*Figure 21 : Dispositif simple de stérilisation utilisant un vieux baril à pétrole.*

Pratiquez quelques trous pour permettre à la vapeur de s'échapper. On peut ainsi traiter environ 75 sacs par fournée. Veillez à ajouter suffisamment d'eau et surveillez l'opération pour éviter que l'eau ne s'évapore entièrement.

*Autre dispositif d'exposition à la vapeur*
On utilise également des constructions relativement simples en forme de tente pour une semi stérilisation des sacs. Une exposition à la chaleur prolongée à environ 96-98 °C assurera une stérilisation suffisante du substrat. Il va de soi que le matériau utilisé doit supporter ces températures. On diminuera les coûts d'énergie en installant des panneaux isolants.
Après le traitement, le substrat doit être stérile.

*Autoclaves*
Ce sont des récipients en acier à double paroi, en mesure de résister à une surpression d'1 atmosphère. Nous ne les traiterons pas dans cet Agrodok parce qu'ils représentent un investissement important.

## 5.5 Envahissement du blanc

Pendant cette phase, le mycélium va envahir le substrat.
La durée de ce processus est différent selon les espèces et dépend de la taille du sac, de la quantité de blanc, de la variété utilisée et de la température.

Après avoir déposé du blanc dans les sacs, on les place sur des étagères dans les chambres d'incubation.
Selon la variété et la température, le mycélium va coloniser le substrat en deux ou trois semaines et va commencer à former de petites fructifications.

> A ce moment-là, il faut soit changer les conditions de croissance, soit sortir les sacs de la chambre d'incubation pour les mettre dans la chambre de croissance.

Puis on enlève les bouchons de coton et le plastique (ou une partie seulement) et on maintient un taux d'humidité très élevé : 90 á 95%.

Si l'humidité relative est assez faible (et seulement dans ce cas), on laisse un peu de plastique sur les sacs, pour empêcher le substrat de se dessécher.
Quand les fructifications ont atteint la taille d'1 cm, on fait légèrement baisser le taux d'humidité à 85% en faisant passer de l'air frais à travers la pièce.

## 5.6 Fructification/culture

Plusieurs techniques sont utilisées pour remplir la chambre de croissance et préparer les sacs en vue de la fructification.
Une pratique courante consiste à fabriquer des cadres de bambou ou de bois et d'y empiler les sacs en formant un mur de sacs en plastique.

### Ouverture des sacs

On ouvre les sacs dès que le mycélium les a complètement envahi. On enlève les bouchons de coton et on découpe une partie du plastique autour de l'ouverture. Faites attention de ne pas couper trop profondément, ce qui risquerait d'endommager le mycélium.
Si l'on souhaite récolter des petits champignons, il faudra exposer une plus grande surface à l'air. Mais le substrat séchera plus rapidement. Il faut attendre trois à quatre jours avant que les premiers boutons de champignons se forment.

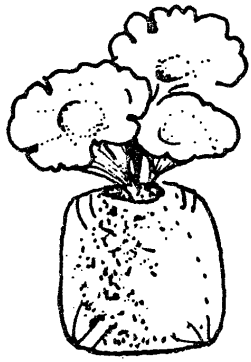


*Figure 22 : Pleurote en fructification. On a découpé une partie du haut du sac.*

### Accrochage des sacs

Une autre méthode consiste à taillader les sachets, puis à les suspendre au plafond.

### Température

La température ambiante doit convenir à la variété de champignons choisie.

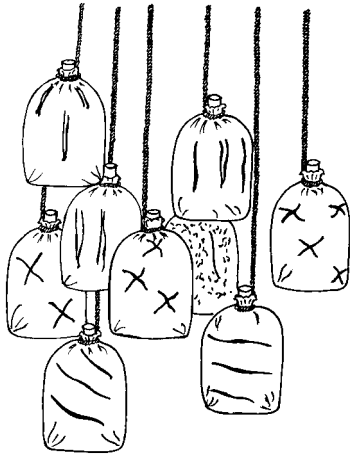


*Figure 23 : . Différentes façons de tailler les sacs de substrat après leur colonisation complète par le mycélium.*

**Aération/ventilation**

La chambre de croissance doit être pourvue d'ouvertures de ventilation qui permettent également à la lumière d'entrer.

**Lumière**

Les pleurotes sont très sensibles au manque d'aération et de lumière. La lumière exigée (couleur et intensité) dépend de la variété.

Certains producteurs appliquent le principe de base suivant : la lumière doit être suffisante pour permettre de lire le journal à n'importe quel endroit de la chambre de croissance.

Lorsque les petits champignons apparaissent, leur forme indique s'ils reçoivent suffisamment de lumière et d'aération.

Si les pieds sont longs et les chapeaux petits, c'est que les conditions d'aération et de lumière sont insuffisantes. En l'absence complète de lumière, les pleurotes ne formeront que des pieds, pas de chapeaux, et ressembleront à du corail.

**Humidité**

Il faut bien surveiller le taux d'humidité de tous les champignons pendant leur croissance. Maintenez un taux élevé (80 - 90%) en vaporisant de l'eau plusieurs fois par jour.

Il ne faut pas vaporiser directement de l'eau sur les champignons qui sont prêts à être cueillis. Lorsqu'ils sont trop humides, leur durée de conservation diminue énormément.

*Figure 24 : Il faut bien surveiller le taux d'humidité de tous les champignons pendant leur croissance*

## 5.7 Cueillette

Vous pourrez récolter les champignons au bout de cinq jours (si la température se situe entre 15 et 20º C) ou de deux ou trois jours (lorsque la température est plus élevée). Pour une seconde cueillette, comptez de cinq à neuf jours.

Compte tenu de l'énorme variété de souches et de substrats existant, il est difficile d'indiquer les périodes de fructification. En général, on comptera sur une semaine environ pour la formation de nouveaux primordia, étant bien entendu que le délai dépendra en grande partie des conditions climatiques locales et du contrôle climatique dans les chambres de croissance.

Pour cueillir les champignons, détachez-les du substrat en les tirant ou en les tordant avec précaution. Veillez à ne retirer qu'un minimum de substrat.

**Frotter plutôt que racler.**
Aux Philippines, certains éleveurs enlèvent le substrat en le raclant afin de le dégager de petits primordia non développés. Cette méthode risque d'infecter les primordia, qu'il faudra alors supprimer. En outre, le raclage du substrat entraîne un retard dans la formation de nouveaux primordia. Il vaut mieux frotter la surface des sacs de sciure pour enlever les petites fructifications mortes sans abîmer le mycélium.

Tant que le mycélium sera blanc et ferme, on pourra poursuivre la récolte. Au total, on récoltera trois à quatre levées.
Une fois que le substrat aura perdu sa fermeté et sa couleur, il faudra le sortir de la chambre de croissance.

Ne jetez pas les déchets de substrat à proximité du site de culture !
Tout déchet sera évacué immédiatement et intégralement des zones de travail. Les parasites présents dans le substrat utilisé peuvent facilement se propager dans le substrat frais.

La production de champignons varie selon les facteurs biologiques, les conditions de l'environnement ainsi que les maladies et parasites présents durant la culture. La production commerciale des pleurotes frais représente presque 20% du poids du substrat humide.

**Traitement du produit**

Une fois récoltés, les champignons frais devront être vendus dans les meilleurs délais pour éviter une rapide détérioration. Si cela s'avère impossible, on pourra faire sécher les champignons dans une unité de séchage simple, pour les vendre plus tard. Reportez-vous au chapitre Traitement après récolte.

## 5.8 Description de cas : Ahmedabad, Inde

L'organisation Aryan Agro Tech exploite un laboratoire de mycélium et une ferme de production de champignons.

Elle organise par ailleurs des projets de culture de pleurotes pour des groupements minoritaires. Ces projets sont en partie financés par le gouvernement du Gujarât.

Les groupes participant aux projets sont sélectionnés pour la plupart dans des régions tribales ; on leur fournit des informations et ils suivent des stages de formation. Les personnes sélectionnées reçoivent les matériaux nécessaires à la construction d'une unité de culture et à son exploitation.

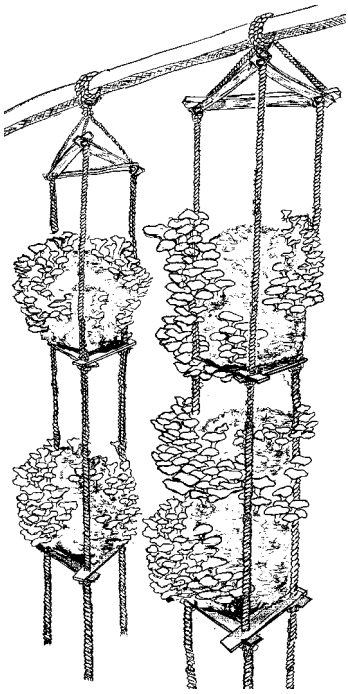


*Figure 25 : Constructions triangulaires suspendues*

*La maison de culture*

Constituée d'un squelette de bambou d'environ 2,5 mètres de haut, elle couvre une surface de 50 m². Un treillis de plastique est placé sur ce squelette, puis couvert

de jute. A l'intérieur des chambres de croissance, des plateformes triangulaires (4 en hauteur) de baguettes de bambou sont suspendues aux poteaux de la toiture, en bambou également.

*Contrôle de la température*

Il est obtenu en partie en mouillant le jute. L'évaporation qui s'en suit fait baisser la température dans les chambres de culture. En fonction de la température extérieure et du courant d'air pénétrant par le treillis, on pourra réduire la température de plusieurs degrés.

*Figure 26 : Arrosage du tissu recouvrant le toit*

A remarquer toutefois que pendant la saison des pluies, la température extérieure peut atteindre 40º C. La culture est interrompue pendant cette période du fait que l'on n'arrive pas à baisser suffisamment la température ambiante.

Du point de vue de l'hygiène, cette interruption saisonnière permet d'éviter l'invasion d'insectes nuisibles et l'éruption de maladies.

*Préparation du substrat*

Le substrat est fabriqué à partir de paille de blé qui pendant le battage a été hachée en petits morceaux. Cette paille est ensuite plongée dans un baril d'eau chaude (70º C) pendant deux heures, le récipient étant posé sur un feu de bois ou sur un brûleur pour maintenir l'eau à la température indiquée.

La paille est ensuite retirée et étendue sur une grille ou un morceau de plastique pour faciliter l'écoulement de l'excès d'eau (voir figure 21).

*Lardage du substrat*

Une fois traité à l'eau chaude et égoutté, le substrat de paille a un taux d'humidité de 60% environ.

Le substrat est entassé en couche dans des sacs en plastique. Chaque couche est recouverte de blanc. Le taux de lardage représente environ 10% du poids du substrat.

Le blanc sur céréales est produit au laboratoire de blanc d'Ahmedabad.

Une fois le remplissage et le lardage effectués, les sacs de 3,5 kilos sont mis à incuber dans des pièces à part. Le processus d'incubation, effectué de préférence à 25º C, dure trois semaines. Lorsque les sacs sont complètement colonisés par le mycélium, on les entaille ou on les troue pour assurer l'aération nécessaire au développement des fructifications (voir figure 23).

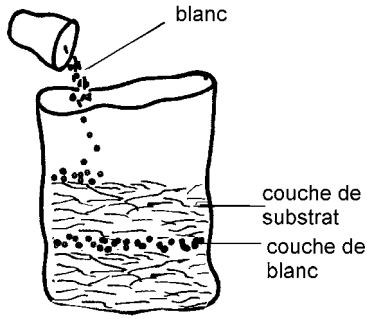



*Figure 27 : Lardage en couches*

*Récolte*

Les fructifications pourront être cueillies une fois qu'elles seront devenues des champignons. La récolte dure au moins trois semaines. Les pieds sont coupés et vendus séparément. Une partie des champignons est vendue à l'état frais sur les marchés régionaux. Le reste sera séché, puis vendu à Aryan Agro Tech à un prix établi.

## 5.9 Description de cas : Bogor (Indonésie)

Le Groupe d'exploitantes agricoles « Hanjuang » de Bogor, en Indonésie, est réservé aux femmes. Il a été inauguré il y a quelques années, pour encourager les ménagères à s'adonner à des activités agricoles pendant leur temps libre. Les bénéfices tirés de ce commerce viennent s'ajouter aux revenus familiaux et servent essentiellement à payer les frais scolaires et médicaux.

Diverses activités, telles que des pépinières pour arbres ornementaux et fruitiers ainsi que la fabrication d'objets d'artisanat, ont été lancées.

Le Groupe d'Exploitantes agricoles « Hanjuang » de Bogor s'occupe aussi de la culture de pleurotes, notamment de la variété *Pleurotus ostreatus var. Florida.*

Le blanc est produit sur un substrat de sciure dans leur propre laboratoire et à partir de cultures de tissus.

*Construction de la maison de culture*

Les bâtiments de production ont une superficie de 35 m² environ et une hauteur d'à peu près 3 mètres.

Ils sont construits à partir de pieux de bois ou de bambou et de nattes de feuilles de bambou.

La toiture est souvent renforcée de plastique.

Les étagères (5 en hauteur) présentes dans les maisons sont également faites de bambou.

*Formule du substrat*

Le substrat utilisé est composé de sciure. *Formule : 10 kg de sciure, 1,5 kg de son de riz, 200 g de craie, 30 g de gypse et 15 l d'eau.*

*Préparation du substrat*
Mélangez bien le substrat que vous mettrez dans des sacs PP de 2 litres ; pressez-les en forme de « bûches » pesant environ 1,2 kg. Fermez l'ouverture à l'aide d'un manchon en PVC et d'un bouchon de ouate. Ensuite, les bûches sont sterilisees pendant 8 heures dans des barils fermés.

*Lardage des bûches*
Une fois que les bûches sont refroidies, on procède à leur lardage. A cet effet, on introduit le blanc par l'ouverture que l'on referme ensuite avec le bouchon d'ouate. Ce dernier est recouvert de papier (voir figure 18).
Le blanc est produit à partir de cultures de tissus sur du substrat de sciure dans leurs propres laboratoires.

*Incubation*
Une fois ce travail effectué, les bûches sont placées dans une chambre d'incubation que l'on ferme hermétiquement à l'aide de feuilles de plastique placées le long du plafond et des parois afin de maintenir une température constante de 30º C. Les bûches resteront dans la chambre d'incubation pendant 3 semaines environ.

*Fructification*
Lorsque les bûches sont envahies par le mycélium, elles sont placées sur les étagères de bambou dans la chambre de croissance. On retire la couverture de papier et le bouchon d'ouate pour aérer le tout et stimuler la croissance et la fructification.

*Température*
Elle atteint environ 26º C dans la journée dans la chambre d'incubation, avec un taux d'humidité de 90%.

*Récolte et vente*
Les champignons mûrs sont cueillis. On les taille un peu avant de les vendre sur les marchés régionaux et/ou dans les supermarchés.

## 5.10 La technologie Juncao transforme l'herbe en champignons

En 1983, le professeur LIN Zhanxi de l'Université agricole de Fujian pris conscience du déclin rapide des forêts de Chine, dû à la demande importante de rondins pour la culture de shii-take ou d'autres champignons exotiques. Il commença à utiliser des herbes sauvages, de la bagasse, de la paille de riz et de maïs comme matériau de base pour le substrat des champignons. En 1987, il décida d'appeler cette technique JUNCAO : Jun signifiant champignons et Cao "herbe" en chinois. 21 ans plus tard, cette technique a débouché sur un système étendu de cultures de plus de 40 sortes de champignons, utilisant plus de 33 variétés de plantes légumineuses comme matériau de base du substrat. Les herbes sont séchées après la récolte, broyées et stockées jusqu'à leur utilisation. Des formules de substrat spécifiques ont été définies pour chaque champignon. Par exemple, on a développé un processus breveté permettant d'utiliser les protéines de bactéries fermentaires à la place du son de blé habituel. Les traitements thermiques et les récipients contenant le substrat varient également selon les espèces. Cet ensemble de techniques s'est répandu dans au moins 50 pays et a permis de réduire la pauvreté tout en utilisant les ressources disponibles.

*Tableau 4 : Noms communs et scientifiques*

| **Nom commun** | **Nom scientifique** |
|---|---|
| luzerne | *Medicago sativa* |
| bananier | *Musa nana* |
| stylosanthes | *Stylosanthus* |
| roseau commun | *Phragmites communis* |
| herbe à éléphant | *Pennisetum purpureum* |
| millet des oiseaux | *Setaria italica* |
| canne de Provence | *Arundo donax* |
| arachide | *Arachis stylosanthus* |
| sétaire | *Setaria sphacelata* |
| herbe du Soudan | *Sorghum arundinaceum var. sudanensis* |
| herbe aux écouvillons | *Pennisetum alopecuroides* |
| laitue d'eau | *Pistia stratiotes* |
| sorgho sauvage | *Sorghum proquinuum* |

# 6 La culture de shiitakes dans des sacs en plastique

La culture des shiitakes (*Lentinula edodes*) dans des sacs en plastique stérilisés gagne rapidement en popularité. La récolte se fait plus rapidement et leur rendement est supérieur à celui des champignons cultivés sur billes de bois. Le remplissage et la stérilisation des sacs sont des activités qui demandent beaucoup de main d'oeuvre et d'énergie. Les principaux avantages de la culture de shiitake en sac sont les suivants :

- Elle permet d'utiliser différentes sortes de déchets organiques.
- La période totale de culture est de six mois alors qu'il faut compter de quatre à six ans pour la culture sur bille de bois.

## 6.1 Préparation du substrat

Les formules de substrat les plus courantes sont les suivantes :

- sciure, 3 à 4% de son de riz, 1% de farine de maïs ou de son de blé, 1% de $CaCO_3$
- sciure, 10 à 25% de déchets de maïs, 1 à 2% de $CaCO_3$

La sciure fraîche issue d'arbres des genres *Quercus, Betula, Castanopsis, Castanea*, et *Carpinus* s'utilise sans fermentation antérieure. On peut également se servir de sciure d'autres arbres; à noter toutefois que la sciure contenant de la résine devra fermenter au préalable pendant plusieurs mois (empilez sur un tas humide pendant une semaine, retournez au bout d'une semaine, puis tous les mois pendant six mois au maximum).

Une fois que la sciure est assez humide, on la mélangera avec les compléments et la craie. Mélangez d'abord la craie au son de riz, vous obtiendrez ainsi une répartition égale. Le taux d'humidité du substrat, qui se situe généralement entre 56 et 65% au moment de la préparation (appliquez le test de la pression) augmente pendant l'incubation ; on veillera à comparer les données exactes au repos (par exemple : il

faut toujours mesurer avant la stérilisation). Certains rapports indiquent qu'une forte capacité de rétention d'eau du substrat, combinée à une bonne aération, donnera de meilleurs résultats. On a observé que l'addition de feuilles de thé au substrat mentionné ci-dessus améliore considérablement la production.

Si le substrat est trop humide, l'écoulement d'air sera coupé et dans ce cas, même une longue période d'envahissement du blanc ne pourra pas vous procurer un substrat de bonne qualité. Si l'eau s'accumule au fond des sacs, c'est le signe que le substrat est trop mouillé.

## 6.2 Remplissage et traitement thermique

Utilisez les méthodes courantes pour le remplissage. A Taiwan, l'exposition à la vapeur à une température de 96 à 98 °C a donné de meilleurs résultats que la stérilisation sous pression à 121 °C ; les deux techniques sont toutefois parfaitement applicables. L'utilisation de la vapeur sous basse pression convient bien si l'on prévoit d'autres levées. Laissez assez d'espace entre les caisses et les sacs pour que la vapeur circule suffisamment. Prévoyez également une sortie d'air.

## 6.3 Lardage

Laissez refroidir les sacs et opérez le lardage le lendemain. 10 g de blanc de sciure suffiront pour un sac de 1,2 kg ; par conséquent, on comptera un flacon de 550 ml pour une cinquantaine de sacs. On vérifiera soigneusement la variété pour la culture sur sciure.
Certaines baisses de production importantes sont dues au fait que les fabricants de blanc fournissaient de nouvelles variétés donnant de bons résultats sur billes de bois, mais dont le rendement était très faibles sur sciure.

Certaines variétés donneront de bons résultats sur un substrat d'épi de maïs tandis que d'autres seront plus performantes sur un substrat de sciure.

Prenez les précautions habituelles lors du lardage ; en cas de niveau de contamination extrême, prenez les mêmes mesures que pour la production de blanc. La contamination ne doit pas frapper plus de 5% des sacs.

## 6.4 Envahissement du blanc et croissance mycélienne

La colonisation du substrat et la maturation du mycélium prendront en tout de un à quatre mois, en fonction du type de blanc utilisé et de sa quantité (voir les études de cas). La pièce doit être un peu éclairée, au moins à la fin de l'envahissement du blanc précédant la fructification. Chez certains producteurs, les pièces réservées à l'envahissement du blanc sont plongées dans l'obscurité totale ; nous conseillons toutefois d'éclairer ces pièces à la lumière du jour, à la fin de l'envahissement du blanc.
Bien des problèmes sont à éviter, à condition de prévoir un peu de lumière durant toutes les phases de croissance.
La croissance mycélienne s'avère optimale pour toutes les variétés à une température de 25° C. Généralement, la température à l'intérieur des sacs dépasse de quelques degrés la température ambiante de la chambre. Il faudra même songer à un refroidissement extensif si la pièce contient une grande quantité de sacs.

### Phases de croissance mycélienne

On distingue cinq phases de croissance mycélienne pour toutes les variétés de shiitakes. Le premier stade est celui de l'envahissement du blanc commun au règne des Fungi. Lorsque le substrat devient blanc, cela ne veut pas dire pour autant qu'il est prêt à fructifier. Il doit d'abord venir à maturité. On observe les phases suivantes :

1 **L'envahissement mycélien :** le blanc fera surgir des hyphes blancs qui produiront des enzymes, lesquelles décomposeront les substances complexes comme la cellulose, la lignine et l'hémicellulose en morceaux plus petits. Ces fragments seront consommés durant les phases suivantes de la croissance mycélienne. La colonisation de la totalité du substrat marque le passage au stade suivant.

2 **La formation d'une couche mycélienne :** deux à quatre semaines après l'inoculation, une épaisse couche blanche mycélienne se développe à la surface du substrat. Plus le niveau de $CO_2$ est élevé, plus la couche s'épaissit.
3 **La formation de boules mycéliennes :** il s'agit de touffes de mycélium que la plupart des variétés forment à la surface. A un stade ultérieur, ces boules peuvent devenir des primordia, mais la plupart meurent prématurément. La formation de boules est favorisée par des variations de température ainsi que par un niveau de $CO_2$ élevé. Pour baisser le taux de $CO_2$ en cas de formation importante de boules, il suffira de faire une fente dans le plastique. A un stade ultérieur de la culture, les boules risquent de présenter un problème. Elles peuvent facilement être contaminées par les moisissures vertes.
4 **La phase de la pigmentation :** un peu d'aération sera nécessaire après la formation des boules. Le mycélium virera au brun rougeâtre. Toutefois, le substrat risque de trop sécher si on retire complètement le bouchon.
5 **La phase du durcissement de la couche supérieure :** retirez le plastique une fois que les sacs auront bruni partiellement (pour un tiers ou pour la moitié). La couche supérieure durcira petit à petit. L'extérieur du substrat doit être dur et l'intérieur plus tendre et plus humide. Le taux d'humidité du coeur du substrat peut atteindre 80%. Si l'extérieur est relativement humide, les contaminants pénètreront facilement dans le substrat. La peau dure et brunâtre a la même fonction que l'écorce d'une bille de bois : elle protège contre les contaminants et retient l'humidité dans le substrat. Il est donc important de contrôler les conditions climatiques si l'on veut obtenir une couverture mycélienne de l'épaisseur adéquate.

## 6.5 La fructification

Les facteurs qui favorisent la fructification des shiitakes sur des billes de bois sont également appliqués pour stimuler les levées dans les sacs en plastique. Il s'agit des éléments suivants :

- variation de la température,
- humidité élevée,

- trempage,
- suppression du $CO_2$,
- chocs physiques.

*Tableau 5 : Calendrier caractéristique de la culture de shiitakes sur des substrats stérilisés (source : B. Chalmers)*

| Phase/activité | Jours | Température (°C) | Intensité lumineuse (Lux) | Humidité relative |
|---|---|---|---|---|
| Incubation | 30-120 | 20-30 | nulle | 65-70% |
| Apparition des fructifications | 2-4 | 10-20 1 | 500-1000 | 85-96% |
| Cueillette | 7-14 | 12-18 | 500-1000 | 60-80% |
| Récupération | 7-21 | 20-30 | aucune | 65-70% 2 |
| Apparition des fructifications de la deuxième levée 3 | 2-4 | 10-20 | 500-1000 | 85-95% |
| L'intervalle des températures favorisant la fructification dépend de la variété.<br>Une période sèche suivant la cueillette empêchera que les contaminants n'abîment le substrat dans les cicatrices laissées par la cueillette des champignons. On pourra tremper les bûches artificielles dans un bain d'eau pour rétablir un taux d'humidité élevé dans le substrat.<br>Il n'est pas nécessaire d'arroser les blocs de substrat pendant l'incubation. | | | | |

Si l'on retire le plastique trop tôt ou trop tard, les récoltes en pâtiront. La déformation des fructifications au cours de la première levée est un indice d'envahissement du blanc trop bref ou d'un niveau de $CO_2$ trop élevé pendant l'incubation. Le taux de croissance mycélienne varie selon la souche.

Alors que 60 jours suffiront pour la maturité d'une variété donnée, une autre produira une grande quantité de champignons déformés après la même période de maturation. Si les températures sont assez faibles et si l'on se sert d'une variété appropriée, on récoltera des champignons donko de qualité. Par contre, si l'humidité est aussi relativement basse (60 à 70%), les chapeaux des champignons dits « hiver floral » (« hua dong gu » en chinois) risquent de se fissurer. Cette qualité est la plus chère en Extrême-Orient.

Si le lardage a été uniquement effectué sur la couche supérieure du substrat, la plupart des champignons apparaîtront à cet endroit. Par

contre, si le blanc a bien été mélangé, les shiitakes pousseront de tous les côtés.

*Figure 28 : Fructifications de shiitakes au sommet de sacs placés à la verticale*

## 6.6 Cueillette.

Saisissez les champignons par le pied et détachez-les d'un coup sec du substrat. Ne les arrachez pas de la surface, vous risqueriez de détacher trop de substrat par la même occasion. La cueillette des champignons s'effectuera tôt, en fonction de la qualité requise par les clients. Evitez d'arroser les cicatrices pendant trois ou quatre jours. Le mycélium blanc qui pousse sur la cicatrice est un signe de rétablissement. Les champignons complètement éclos sont beaucoup moins appréciés en Asie ; les acheteurs européens en revanche sont moins critiques. Normalement, la récolte représente 15 à 35% du poids du substrat mouillé.

## 6.7 Parasites et maladies

### Moisissures vertes.

Les contaminants les plus courants au moment au lardage sont les moisissures vertes. Elles se développeront également s'il y a des fissures dans les sacs. Il faudra par conséquent conserver le substrat au sec pendant les levées ; l'humidité favorise la contamination, qui à son tour, attire les mouches, lesquelles continueront à propager la contamination.

Généralement, le mycélium du shiitake formera une croûte sous la colonie de Trichoderma ; dans ce cas, le mieux sera de rincer les moisissures vertes d'un jet d'eau puissant après la cueillette. Toutefois, si le substrat est trop tendre (suite à une humidité trop élevée), l'ensemble risque d'être endommagé ; dans ce cas, il sera plus difficile d'obtenir un second flux de bonne qualité.

### Mouches à champignons

Les mouches à champignons sont attirées par l'odeur du mycélium. Elles risquent d'apparaître dans les lots de vieux sacs. Elles n'abîment pas les champignons mais déposent des oeufs entre les lamelles et sur le mycélium. Ensuite, les larves écloront et détruiront la récolte. La seule solution à ce problème consiste à enlever systématiquement les vieux sacs ainsi que ceux qui sont contaminés et à nettoyer les chambres.

### Mites

Il est possible que des mites pénètrent dans les sacs d'incubation (si vous vous servez de sacs à bouchons) et contaminent le substrat. Mais en général les sacs de plastique constituent un bon barrage contre les insectes; ce type d'emballage du substrat convient donc parfaitement dans les pays à hauts risques d'infection.

# 7 Les auriculaires sur substrat stérilisé

Les auriculaires (*Auricularia* spp.) sont souvent cultivés en Asie. La culture en sac de plastique se généralise de plus en plus, choix qui est dû à la rareté de bûches appropriées et à la facilité avec laquelle diverses variétés d'auriculaires poussent sur la sciure. On peut donc s'attendre à l'expansion de cette technologie dans un avenir proche.
Il existe de nombreuses variétés d'Auricularia ; Auricularia polytricha, Auricularia fuscosuccinea et Auricularia auriculu-judea étant les espèces communément cultivées.

L'espèce la plus propice à la culture dans les régions tropicales à température élevée est l' Auricularia polytricha.

## 7.1 Préparation du substrat

La formule du substrat de sciure est à peu près identique à celles du pleurote et du shiitake, mais la période d'humidification (fermentation) sera plus longue. La préparation des sacs est la même.

## 7.2 Traitement thermique

Une fois remplis, les sacs sont passés à la vapeur selon la méthode appliquée pour les pleurotes et les shiitakes.

## 7.3 Lardage et envahissement du blanc

On utilise généralement du blanc de sciure ; 10 ml suffiront pour un sac. La température conseillée pendant l'envahissement du blanc se situe entre 25 et 28º C. Le mycélium met environ quatre semaines à couvrir le substrat.

## 7.4 Fructification.

On pratique des entailles dans les sacs pour favoriser l'apparition des champignons. Manipulez les sacs avec précaution: la texture du substrat demeurera tendre, même après sa colonisation par le mycélium. Celui-ci se casse facilement.
La chambre de croissance doit être faiblement éclairée. Vous pouvez compter sur trois ou quatre levées et vous récolterez entre 300 et 500 grammes par sacde 1,2 kg.

## 7.5 Description de cas : Philippines

L'Auricula-judae (Oreille de Judas) se vend mieux que l'A.polytrcha, qui est plus grand. Mais l'intervalle de températures qu'exige la culture de l'A. polytricha convient mieux aux Philippines. L'oreille de Judas pousse dans des régions plus fraîches.

*Préparation du substrat (proportions)*

- sciure sèche (taux d'humidité 15-18%) 78 kg
- son de riz fin (1ère catégorie) 21 kg
- CaCO3 1 kg

Le son de riz sera passé au tamis de façon à pouvoir briser les plus gros morceaux en fines particules. Ils seraient sinon les premiers à être contaminés. Pesez les ingrédients du substrat et mélangez bien le CaCO3 avec le son de riz avant de les ajouter à la sciure. Versez lentement de l'eau pour obtenir un taux d'humidité de 65 à 75% (vérifiez en pressant).

*Fermentation*

Entassez le substrat en forme de pyramides que vous recouvrirez de plastique pour maintenir l'humidité. Laissez fermenter pendant cinq jours en retournant le tas le troisième jour. Tamisez à travers une maille de 1,5 mm pour vous débarrasser des plus gros morceaux et brisez les mottes qui ont pu se former pendant la fermentation. Les gros morceaux risqueraient d'abîmer le plastique.

*Remplissage*
Mettez un kilo environ dans un sachet de 12 x 30 cm. Fermez avec un manchon et un bouchon.

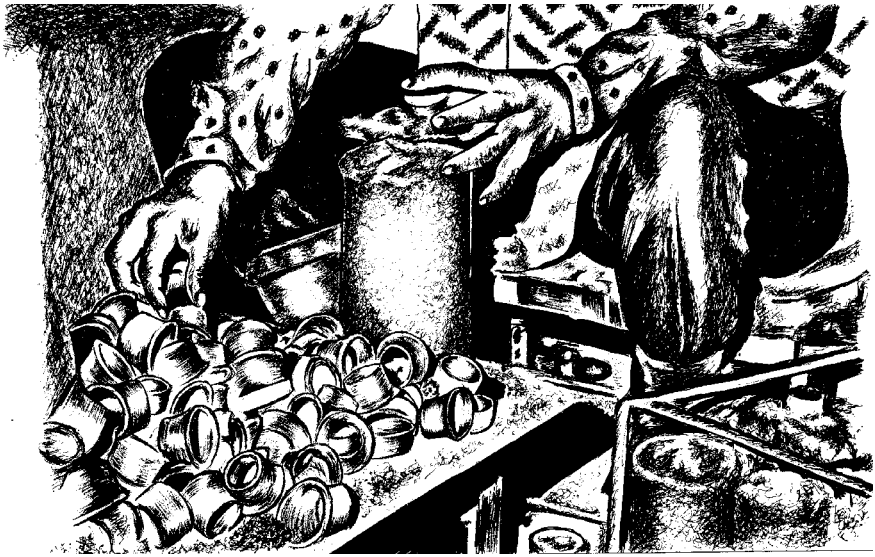


*Figure 29 : Mise en place des manchons sur les sacs de substrat*

*Traitement thermique*
Une fois remplis, les sacs seront stérilisés à 121º C pendant une heure et demie, ou semi stérilisés pendant 10 heures à une température juste en dessous de 100º C.

*Lardage et envahissement du blanc*
Utilisez 500 ml de blanc pour 50 sacs.
L'envahissement du blanc dure un mois environ à 25 – 30º C. Disposez les sacs à plat et en rangées sur des étagères.
La chambre de croissance (5 m de large, 12 m de long et 4 m de haut) peut contenir 2 640 sacs. Chaque niveau aura 55 sacs par couche ; on pourra placer quatre couches par niveau, soit 220 sacs. Quatre niveaux de 220 sacs chacun auront donc 880 sacs. Trois étagères contiendront par conséquent 2 640 sacs.

*Fructification*

La température de fructification optimale pour l'Auricularia polytricha se situe entre 23 et 28º C.

Pour favoriser la formation de primordia, il faudra retirer les bouchons d'ouate des sacs et faire des trous au fond. Faites en sorte que la température ne dépasse pas les 30º C en arrosant les sacs et en ouvrant la porte de la chambre de croissance pendant la nuit.

Les primordia se transforment en fructification en l'espace de sept à dix jours. Détachez les fructifications du substrat par simple torsion manuelle. Il ne doit plus rester aucune trace de pied.

# 8 Traitement après récolte

Fort appréciés des consommateurs, les champignons comestibles ne se conservent pas longtemps à l'état frais, une fois cueillis. L'homme a mis au point des méthodes de conservations décrites en majeure partie dans ce chapitre. Points abordés :

- les niveaux de qualité et la récolte,
- les modes d'emballage des champignons destinés aux marchés de produits frais,
- les modes de conservation pour consommation ultérieure.

## 8.1 Niveaux de qualité et récolte

La cueillette aura lieu au moment où les champignons auront atteint leur rentabilité optimale. Les champignons à cueillir doivent être secs à la surface ; toute eau (arrosage ou pluie) tombant quelques heures avant la cueillette réduira la durée de conservation de la plupart des variétés de champignons de culture.

**Cueillette**

Les cueilleurs détacheront avec précaution les champignons du substrat ou de la terre de gobetage ; il faut éviter à tout prix de déchirer des parties de mycélium. Le pied sera ensuite coupé à la hauteur voulue.
Les champignons sont délicats ; il faudra donc les manipuler le moins possible.

> Pour s'assurer qu'ils ne soient manipulés qu'une fois (au moment de la cueillette), on pourra les disposer directement dans leur emballage de vente.

Demandez aux cueilleurs de respecter strictement les règles suivantes :

- Les champignons poussant dans les lits ou chambres les plus récents seront toujours cueillis en premier.

- Ne pas toucher aux fructifications malades (elles seront cueillies à la fin de la récolte et mises dans un sac à part ; le cueilleur prendra soin à la fin des travaux de désinfecter ses mains et ses vêtements).

*Les pleurotes*

Les pleurotes se cueillent par pièce ou en groupes. Certains concepts de culture des pleurotes sont basés sur la cueillette en groupes (exemple : la culture des pleurotes sur flacons, une méthode japonaise). Les variétés Pleurotus ostreatus et Pleurotus cornucopiae se prêtent plus particulièrement à cette méthode de récolte.

La cueillette et la vente de jeunes groupes de pleurotes présentent les avantages suivants :

- Les champignons se cueillent en grandes quantités pendant une courte période.
- Ils ont un bel aspect et conservent leur fraîcheur plus longtemps.
- Les acheteurs paient aussi les pieds.

A signaler toutefois que les pleurotes sont souvent vendus en tant que champignons cueillis individuellement. La cueillette doit s'effectuer lorsque le bord extérieur des fructifications est encore enroulé vers l'intérieur et sur le point de se mettre en position horizontale. Ils se conserveront plus longtemps s'ils sont cueillis juste avant leur maturation. La longueur du pied sera déterminée en concertation avec l'acheteur.

*Shiitake (Lentinula)*

Coupez les pieds directement après la cueillette. Des débris accrochés aux pieds risquent de souiller les champignons.

*Auriculaire (Auricularia)*

Détachez les fructifications du substrat par torsion manuelle, en prenant soin de ne laisser aucun morceau du pied dans le substrat.

## 8.2 Le marché des produits frais

L’idéal est d’emballer les champignons destinés à être vendus frais sous un film plastique et de les mettre au frais aussitôt. Le film plastique est une bonne protection contre le dessèchement, à condition que la température de stockage demeure plus ou moins constante. Evitez d'exposer les champignons à des températures fluctuantes.
Plus la température augmentera, plus les champignons perdront de leur eau. En cas de baisse de température, l’eau se condensera à l’intérieur de l’emballage et à la surface des champignons, ce qui accélèrera leur flétrissement.

Pleurotus spp. : des expériences en régions tropicales ont démontré que la conservation des champignons préemballés dans des films de polyéthylène perforés à une température de 8 à 10 °C était une bonne méthode pour préserver la fraîcheur. Les champignons pourront être conservés de la sorte pendant quatre jours.

## 8.3 Méthodes de conservation

Généralement, la saveur et la valeur nutritive des champignons frais sont meilleures que celles des champignons en conserve. Pourtant, il s'avère nécessaire de conserver les champignons lorsqu'on ne peut en vendre qu'une partie à l'état frais.
Les techniques de conservation les plus courantes sont la mise en boîte, la saumure et le séchage. Ces méthodes de conservation ne conviennent pas de la même façon à toutes les variétés de champignons. Les pleurotes en conserve, par exemple, ont un goût très désagréable (à l'exception de *Pleurotus cystidiosus* et de *Pleurotus abalonus*).
Mais dans certains cas, les traitements de conservation sont susceptibles de renforcer la saveur des champignons.
C’est ainsi qu’une fois séchés, les pleurotes et les shiitakes obtiennent un parfum spécifique.

### Séchage

Ce processus est bien plus simple à effectuer.
Le séchage présente plusieurs avantages : c'est une méthode facile, rapide et sûre ; bien séchés, les champignons peuvent être conservés pendant longtemps.
Dans le secteur des champignons de culture, ce type de conservation s'applique essentiellement aux shiitakes *(Lentinula)*. Une fois séchés, ils acquièrent, tout comme les pleurotes *(Pleurotus)*, plus de saveur. Mais le marché des pleurotes séchés est assez limité comparé à celui des shiitakes secs.
Les auriculaires (Auricularia) peuvent également être séchés et sont souvent commercialisés sous cette forme.

Veillez aux points suivants pendant le séchage :

- les champignons ne doivent pas se toucher,
- la circulation de l'air est essentielle : étalez les champignons sur une plaque de gril ou une grille métallique,
- le four de séchage doit se trouver dans un endroit bien aéré pour permettre un apport d'air frais sec et l'évacuation de l'air humide.

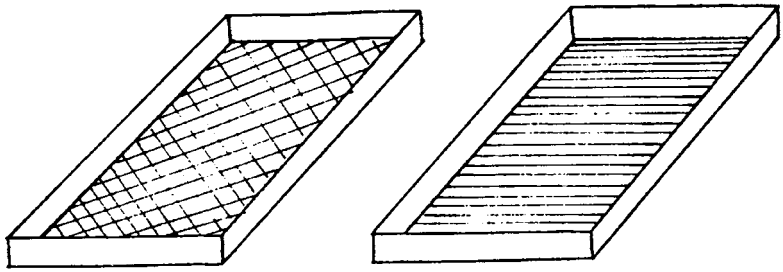


*Figure 30 : Plateaux de séchage*

Les champignons séchés ne devront pas s'effriter au toucher ; bien au contraire, ils devront garder une légère souplesse. Un séchage de longue durée à basse température est plus sûr qu'un séchage rapide à température élevée qui risque de griller les champignons. Mais si les champignons frais sont très humides, veillez toutefois à ce que la température initiale ne soit pas basse ; les champignons pourraient com-

mencer à pourrir. Cette recommandation a surtout une grande importance pour les gros champignons entiers.

*Séchage au soleil*

Les shiitakes séchés au soleil sont généralement de qualité moindre que ceux qui sont séchés de façon artificielle. Leur taux en humidité est supérieur et ils se conservent donc moins longtemps.

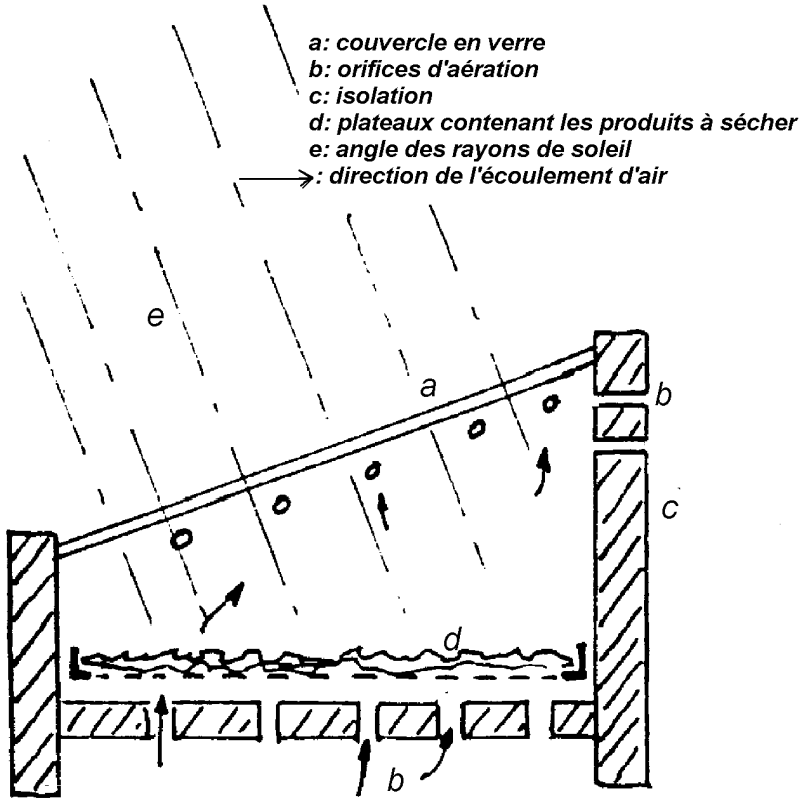



*Figure 31 : Séchoir solaire indirect*

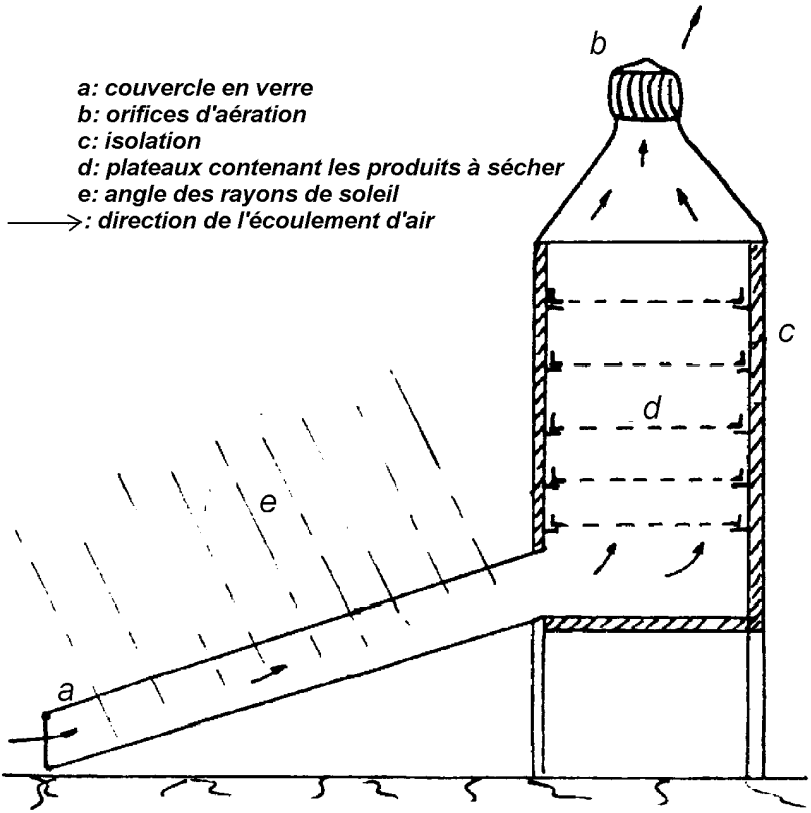



*Figure 32 : Séchoir solaire indirect amélioré*

*Séchage artificiel*

Les séchoirs rotatifs conviennent à la production en masse. Pour les shiitakes, on commencera le séchage à 30° C, en prenant soin d'augmenter la température de 1 ou de 2º toutes les heures. La température atteindra 50º C au bout de 12 à 13 heures. Enfin, les champignons seront chauffés à 60° C pendant une heure pour augmenter le lustre du chapeau. Selon les producteurs chinois, les fluctuations de température pendant le séchage font rider le chapeau du champignon.

*Séchage par aération*

Une méthode qui coûte peu d'énergie consiste à installer un simple tunnel en plastique et d'y faire souffler de l'air frais dans un sens. Les champignons fraîchement cueillis seront placés en dernier en aval, du fait que beaucoup d'eau s'en évaporera.

## Emballage et entreposage

Il faudra retirer tous les autres matériaux à la fin du séchage. Les produits secs absorbent facilement l'humidité contenue dans l'air ambiant, l'emballage devra donc s'effectuer dans une pièce sèche. Il est recommandé de terminer le processus de séchage à l'heure la plus chaude de la journée, quand l'humidité relative est à son point le plus bas. Le produit sera refroidi à l'ombre et dans les conditions d'hygiène optimales, les produits rafraîchis pourront être directement emballés.

Le matériau d'emballage doit être étanche, hermétique et il ne doit laisser passer aucun insecte. Les produits séchés ne garderont leur qualité qu'à condition d'être stockés dans un lieu où ils resteront secs et à l'abri des insectes.

Les sacs en plastique normaux (et bien fermés) conviendront pendant un certain temps ; toutefois, ils ne sont pas entièrement étanches au gaz et à l'eau.

On peut aussi se servir de sacs de cellophane recouverts de polymère qui sont imperméables et hermétiques. On pourra les sceller au fer chaud ou à l'aide d'un appareil à sceller (à condition d'avoir de l'électricité). Malheureusement, ce genre de plastique n'est pas toujours disponible et il n'est pas très solide.

La meilleure option est le sac en plastique de qualité plus épaisse (polyéthylène, épaisseur 0,05 mm). Il se ferme parfaitement à l'aide d'une agrafe ou de bande cellophane.

# Annexe 1 : Formulas

## Formules de milieux

*PDA : milieu d'extrait de pommes de terre, de dextrose et d'agar*
200 g de pommes de terre coupées en dés ; 20 g de poudre d'agar ; 20 g de dextrose ou de sucre de canne blanc ordinaire ; 1 litre d'eau.

*Milieu à base de bouillon de son de riz*
200 g de son de riz ; 1 litre d'eau ; 20 g de gélatine. Faire bouillir le son de riz dans l'eau pendant environ 10 minutes. Filtrez, gardez le bouillon et faites fondre la gélatine, puis verser la préparation dans des flacons que vous stérilisez.

## Formules de substrat pour le blanc

*Substrat pour blanc sur céréales*
On obtient un taux d'humidité supérieur dans de petits récipients que dans des sacs de 15 litres. Pour des récipients de 2 litres, la recette est la suivante : 480 g de seigle, de sorgho ou de blé ; 400 ml d'eau ; 2 g de gypse (45% d'humidité).

*Substrat pour blanc sur sciure*
Sciure 10 kg ; CaCo3 147,5 g ; son de riz 1,25 g ; gypse 0,1475 g ; urée 0,5 g ; eau 1,5 l.

# Annexe 2 : Préparation du substrat

**Préparation du substrat (poids en pourcentage)**

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Sciure sèche (taux d'humidité 15-18%) | 78 % |
| | Son de riz fin (première qualité) | 21 % |
| | CaCO3 | 1 % |
| 2. | Sciure | 94 % |
| | Son de riz | 4 % |
| | Farine de maïs / Son de blé | 1 % |
| | CaCO3 | 1 % |
| 3. | Sciure | 89 – 73 % |
| | Déchet de maïs | 10 – 25 % |
| | CaCO3 | 1 – 2 % |

Les recettes 1- 3 ne peuvent être utilisées que lorsque le substrat est stérilisé.
Les compléments mentionnés, la farine de maïs ou le son, seraient rapidement contaminées dans les substrats qui n'auraient subi qu'une pasteurisation.

| | | |
|---|---|---|
| 4. | Paille de riz | 98 % |
| | CaCO3 | 2 % |
| 5. | Paille de blé | 99 % |
| | CaCO3 | 1 % |
| 6. | Paille de blé | 100 % |

# Bibliographie

*Ouvrage de référence sur la culture des champignons*

**Edible and poisonous mushrooms of the world,** 2003, New Zealand Institute for Crop and Food Research, de I. Hall, et al. ISBN 0-478-10835-4. 370 pages d'informations générales sur les champignons : ceux qu'on peut cueillir dans la nature ; les méthodes de culture ; les champignons vénéneux dans le monde. Cet ouvrage est illustré de 250 photos en couleurs de grande qualité.

**Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms,** 2000 by Paul Stamets third edition 2000 de Paul Stamets, Ten Speed Press, Berkely, États-Unis(www.tenspeed.com) ISBN 00-0242584

**Guide technique de culture de champignons sous les tropiques,** QUIMIO (T.H.), CHANG (S,T.), et ROYSE (D.J.). Production et protection des plantes, FAQ Document n°106, 1990. Distribué par la FAO. Indication de prix : 15 à 20 $ US.

**JUNCAO Technology,** 2001, de Z.X. Lin et Z.H. Lin. China Agricultural Scientech Press, Beijing. ISBN 7-80167 210-0. 250 pages sur l'utilisation des différentes sortes d'herbes utilisées pour la culture de 13 types de champignons, dont les shiitakes, les champignons de Paris et les pleurotes. C'est une technologie très prometteuse pour les pays en développement. JUNCAO Research Institute, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian Province, République populaire de Chine, 350002. Téléphone : 0086-591-83789223/83789208, Fax : 0086-591-83769269, E-mail : ljuncao@sina.com

**Mushroom biology and mushroom products,** 1993, de S.T. Chang, J.A. Buswell et S.W. Chiu. Chinese University Press, Hong Kong. ISBN 962-201-610-3. Contient les rapports de la première conférence internationale sur la biologie des champignons et les produits de champignons, qui s'est tenue à Hong Kong en 1993. Articles scientifi-

ques sur les aspects fondamentaux de la biologie de champignons, nomenclature des espèces de champignons comestibles, technologie de culture et de bioconversion , traitement après la récolte et aspects nutritionnels et médicaux. Un ouvrage intéressant pour les stations de recherche. Deux articles traitent de la mise en oeuvre de projets de culture de champignons.

**Mushrooms: Cultivation, Nutrional Values, Medical Effects and Environmental Impact,** second edition, 2004 de S.T.Chang et P.G.Miles. CRC Press (www.crcpress.com) ISBN 0849310431. $ 160.

**Mushroom Cultivation, Appropriate technology for mushroom growers,** third edition, 2003 de Peter Oei, Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas. Également disponible auprès du CTA no. 1146, 40 credit points. ISBN 90-5782-137-0

**Mushroom Growers' Handbook 1 : Oyster Mushroom Cultivation,** 2004. MushWorld (www.mushworld.com). Disponible auprès de Mushworld.

**Mushroom Growers' Handbook 2 : Shiitake Cultivation,** 2005. MushWorld (www.mushworld.com). Disponible auprès de Mushworld.

**Shiitake Growers Handbook: The Art and Science of Mushroom Cultivation,** Paul Przybylowicz et John Donoghue. ISBN 0-8403-4962-9. Prix : environ US$ 25. Fourni des descriptions détaillées des méthodes de culture de Shiitakes sur bûches et sur substrat de sciure. Cet ouvrage n'aborde pas les problèmes de stérilisation ni de production de blanc. Il part du principe que le blanc a été fourni par des producteurs.

*Ouvrages de référence sur la taxonomie et l'identification des champignons sauvages*

**An introduction to the larger fungi of South Central Africa,** 1994 de L. Ryvarden, G.D. Piearce et A.J. Masuka. Publié par Baobab, Zimbabwe. ISBN 0-908311-52-4, Guide des espèces les plus courantes de champignons comestibles et vénéneux au Malawi, en Zambie et au Zimbabwe. Deux cents pages et photos en couleurs. Contient plus d'informations que l'ouvrage précédent (Edible mushrooms of Tanzania).

**Edible mushrooms of Tanzania. 1995,** by M. Härkönen, T. Saarimäki, and L. Mwasumbi. ISBN 951-45-6962-8, Cet ouvrage fournit des connaissances ethnomycologiques sur la Tanzanie et traite des sciences naturelles modernes. Les espèces les plus importantes de champignons comestibles et vénéneux sont abordées dans ce livre de 93 pages illustré de photos en couleurs. Il est le résultat de quatre voyages sur le terrain et de centaines d'interviews d'habitants de Tanzanie. On y trouve les noms communs des champignons, leurs modes de préparation et une introduction sur les méthodes d'identification.

**Les Champignons Comestibles du Bas-Congo,** Paul Latham, Kinshasa, Projet de Développement Intégré de l'Armée du Salut. 2002, 40 p.(448.17 LAT)

**The atlas of cultivated Pleurotus mushrooms,** de J.T. Peng, et al. 1990. ISBN 957-9055-03-3. Description des paramètres de culture de 50 variétés différentes de pleurotes de la collection du CCRC à Taïwan.

**The edible fungi south of the Sahara,** 1993, de J. Rammeloo et R. Walleyn. Étude sur le sujet. Scripta Botanica Belgica 5: 1-62.

**The poisonous and useful fungi of Africa south of the Sahara,** 1994, de R. Walleyn et J. Rammeloo. Étude sur le sujet. Scripta Botanica Belgica 10: 1-56.

# Adresses utiles

**Centre International d"Ecodéveloppement Intégré.**
Tél/Fax : (229) 360354 Abomey-Calavi 01 BP 2759 Cotonou, Bénin
E-mail : cecodi@firstnet.bj

**Institut indien de recherche agricole**
Division de mycologie et de pathologie des plantes New Delhi 110 012 (Inde)
Cours annuels de formation à la production de champignons.
International society for mushroom science ISMS
Secretary PO Box 11171, Centurion, Pretoria 0046, Afrique du Sud
Téléphone : +27 12 665 2210; Fax : +27 12 665 2212
E-mail : secretary@isms.biz, site Internet : www.isms.biz

**Kali Mata Women's Group,** Gezaulole, Tanzania
Centre de développement de femmes en Tanzanie. Ce centre a développé un projet de culture des champignons.
Kaifa Ally, secretary, POBox 36484, Dar es Salaam, Tanzanie
Téléphone : 0744853351
**Kali Mata Ki Jai!** Foundation Netherlands
Informations fournies également en anglais et en swahili.
Trui Goslinga-Lindeboom Houtlaan 25, 2334 CJ Leiden, Pays-Bas
Téléphone : 0031(071)5157279,
E-mail : kalimata@vrouwen.net,
Site Internet : www.vrouwen.net/kalimata

**Mushroom Business**
Mushroom Business est un magazine international qui paraît tous les deux mois et est destiné aux professionnels de l'industrie des champignons du monde entier (producteurs et fournisseurs). Ces articles traitent des techniques de production, des marchés et du marketing, donnent des conseils de production et des informations sur la recherche et sur la branche, expriment des opinions etc. Le site de Mushroom Bu-

siness a des liens vers la majorité des fournisseurs d'équipements, de formations etc.
Reed Business Information bv
P.O. Box 16500, 2500 BM La Haye, Pays-Bas
Téléphone : +31 (0)70 441 5060, Fax : +31 (0)70 441 5902
www.mushroombusiness.com

**Mushworld**
Organisation à but non lucratif visant à réduire la pauvreté dans le monde grâce à la culture des champignons, surtout dans les pays en développement. www.mushworld.com
Mycelia : fabricant de blanc
Jean Bethunestraat 9, 9040 Gand, Belgique
Téléphone : +32 (0)9 / 228 70 90, Fax : +32 (0)9 / 228 80 28
E-mail : info@mycelia.be, site Internet : www.mycelia.be

**PUM, Netherlands Senior Experts**
Le PUM envoie des experts seniors dans plus de 70 pays en Afrique, en Asie, au Moyen-Orient, en Amérique latine et dans l'Europe centrale et de l'Est. Ces experts offrent à la demande leurs compétences et leur expérience aux entreprises et organisations qui en ont le plus besoin. Au cours de leur carrière, ils ont acquis une grande expérience dans presque tous les domaines possibles et imaginables. Ils sont indépendants et bénévoles (ils ne perçoivent pas de salaire).
P.O. Box 93078, 2509 AB , La Haye, Pays-Bas
Téléphone : (+31) (0)70 349 05 55, Fax : (+31) (0)70 349 05 90
E-mail : info@pum.nl, site Internet : www.pum.nl

**Spore Mushroom Products / Stichting ECO Consult**
Gargouille 1, 4007 RE Tiel, Pays-Bas
Téléphone : + 31 (0)6 515 42 882, Fax 0344 630 225
Site Internet : www.spore.nl Site Internet de l'auteur. Informations sur les sacs en plastique fabriqué pour la production de blanc et sur les activités de formation internationales. Pour les cours de formation, s'adresser à info@spore.nl.

**World Mushroom Society**
L'objectif de la WSMBMP est de promouvoir les connaissances relatives à la biologie des champignons et aux produits de champignons.
www.worldmushroomsociety.com
www.fungitec.com, site en anglais et en espagnol
Conseils, stages, cours de courte durée et projets relatifs aux champignons.

**ZERI (Zero Emission Research Initiative)**
Cette organisation soutient le développement humain durable en Afrique et fournit des informations sur les champignons.
ZERI Africa : UNDP/UNOPS Regional Project
Université de Namibie, Private Bag 13301, Windhoek, Namibie
Téléphone : 206 3340, Fax : 206 3505,
Site Internet : www.zeri.unam.na

# Glossaire

| | |
|---|---|
| Agar | Substance extraite d'algues marines, utilisée pour solidifier les milieux de culture. On peut également se servir de gélatine (meilleur marché). On trouve de l'agar sous forme de barre ou de poudre. |
| Aseptiques | Conditions aseptiques : conditions stériles, sans organismes indésirables. |
| Bactéries | Micro-organismes qui risquent de contaminer les cultures et particulièrement le blanc sur céréales. |
| Blanc | Mycélium cultivé dans un milieu stérile, qui sert à la multiplication des champignons de culture. |
| Blanc | Mycélium du champignon cultivé dans un milieu stérile, qui sert à la multiplication. |
| Boîte de Pétri | Une boîte ronde en verre ou en plastique munie d'un couvercle permettant d'observer la croissance de micro organismes. On la remplit en partie avec un milieu de culture stérile (ou on la stérilise après l'avoir remplie). On s'en sert beaucoup pour faire pousser le mycélium qui sera inoculé au blanc mère. |
| Bouton | Stade où les jeunes champignons sont encore complètement fermés. |
| Cellulose | Un composant organique de bois, de la paille etc., qui se dégrade plus facilement que la lignine. C'est le matériau brut à partir duquel on fabrique du papier. Les déchets de coton contiennent de grandes quantités de cellulose. La sciure de bois contient de la cellulose, de l'hémicellulose et de la lignine. |

| | |
|---|---|
| Culture de tissus | Culture effectuée à partir de tissus d'un champignon jeune et sain. |
| Culture mère | Culture de démarrage. |
| Cultures secondaires | Cultures dérivées d'une autre culture. |
| Envahissement du blanc | Période de croissance végétative du mycélium dans le substrat après le lardage. |
| Eprouvette | Tube de verre transparent et fin fermé à une extrémité que l'on utilise pour des expériences en chimie et en biologie. |
| Espèces | Unité fondamentale de classification biologique. En général deux individus appartiennent à la même espèce s'ils peuvent produire des descendants fertiles. |
| Fermentation | Dégradation de substances organiques par des micro-organismes. |
| Formol | Solution à 30 % de l'aldéhyde formique, dont les vapeurs servent à désinfecter les locaux. Elle détruit tous les micro-organismes et les spores. |
| Fructification | Appareil reproducteur des champignons. C'est la partie visible par opposition au mycélium qui lui, est presque toujours enfoui dans son milieu. |
| Humidité relative | Pourcentage d'humidité de l'air comparé à la quantité maximum que cet air peut contenir à cette température et à cette pression. |
| Hyphe | Filament du mycélium. |
| Incubation | Temps qui s'écoule entre l'introduction du blanc et son développement complet à travers le substrat. |
| Inoculation | Introduction du mycélium naissant dans un milieu nourricier pour obtenir une culture mère. |
| Levée | Le développement soudain de plusieurs fructifications en même temps. Les levées sont généralement entrecoupées de pause. |

| | |
|---|---|
| Lignine | Substance organique difficile à dégrader qui forme avec la cellulose la base du bois, de la paille etc. |
| Micro-organismes | Organismes microscopiques virevoltant en très grand nombre dans l'air et se fixant partout. |
| Milieu de culture | Les besoins nutritionnels des micro-organismes varient. Il existe un grand nombre de milieux de culture différents. Les mélanges PDA-agar et malt-agar conviennent à la plupart des champignons cultivés. |
| Mycélium | Réseau d'hyphes qui forme le corps végétatif du champignon. |
| Pasteurisation | Traitement thermique appliqué au substrat pour détruire les organismes non désirés sans nuire aux autres. La température est de 60-80°C. Ce traitement est très différent de la stérilisation qui a pour but de détruire tous les organismes présents dans le substrat. |
| Primordia | Les fructifications initiales. |
| Spores | Les éléments de reproduction des champignons. Ils se forment sur les lamelles et se dispersent dans l'air. Un seul champignon produit des millions de spores. |
| Stérilisation | Destruction (complète) de tous les micro-organismes présents à l'aide de la chaleur ou de produits chimiques. Le substrat destiné au blanc devra toujours être stérilisé avant l'inoculation. |
| Substrat | Matériau sur lequel pousse le mycélium. |
| Variété | Groupe d'individus d'une espèce ayant des caractéristiques communes qui les distinguent des autres individus. |